

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE GENÉTICA**

LEONARD STERN

**“Análise do aproveitamento de conteúdos
fundamentais do ensino de Genética dos alunos do
terceiro ano do ensino médio”**

**PERUIBE
2011**

LEONARD STERN

**“Análise do aproveitamento de conteúdos
fundamentais do ensino de Genética dos alunos do
terceiro ano do ensino médio”**

Monografia apresentada como exigência parcial para
obtenção do título de pós graduado *Latu Sensus* à
Banca Examinadora do departamento de Genética
da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Valéria Sperandio Roxo

Agradeço a minha esposa e meu filho pois são
eles a razão do meu aprimoramento, seu
tempo e dedicação, tem possibilitado o meu
crescimento como homem e profissional.

Ser professor não é apenas uma função, mas
sim uma doação, onde além da nossa
vida, aqueles que nos cercam também fazem
parte de nossa missão.

RESUMO

A Biologia hoje é a mais comentada ciência e a que ocupa maior espaço na mídia. No entanto, isso não significa que os conceitos biológicos sejam de conhecimento público, nem tão pouco dos estudantes do 3º ano do Ensino Médio. Para analisar o aproveitamento de conceitos fundamentais de Genética, Biologia Molecular e Biologia Celular apresentado aos alunos do 3º ano do Ensino Médio realizamos esta pesquisa. Iniciamos o trabalho com a seleção de questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), aplicamos questionários com as questões analisadas baseadas no livro didático qual livro didático utilizado pelos professores em 51 alunos do 3º ano do Ensino Médio de duas instituições de ensino regular, realizamos 10 entrevistas semi estruturadas com os alunos participantes do questionário e por fim analisamos os resultados do questionário com as respostas das entrevistas realizadas. Concluimos que os alunos não chegam a alcançar os objetivos a que a eles são atribuídos pelo MEC, no que diz respeito a Genética e disciplinas correlatas e a maioria apresenta aprendizagem mecânica. Acho que os objetivos não são atribuídos aos alunos mas sim ao ensino...os alunos não alcançam os objetivos propostos para o ensino de Genética e disciplinas correlatas e a maioria não mostra incorporar o conteúdo limitando-se a repassá-lo de forma mecânica.

Índice

Capítulo I.- Introdução.....	01
I.1 – A importância no estudo da Genética.....	01
I.2 – Dificuldades no Ensino e na aprendizagem de Genética	02
Capítulo II.- Objetivos.....	06
II.1.- Objetivo Geral.....	06
II.2 – Objetivos específicos.....	06
Capítulo III – Metodologia.....	07
III.1 – Seleção das questões do ENEM.....	07
III.2 – Aplicação de questionários	07
III.3 – Realização de entrevistas.....	08
III.4 – Pesquisa em livro didático.....	09
Capítulo IV – Resultados.....	10
IV.1– Análise das questões do ENEM.....	10
IV.1.1 – Questões.....	10
IV.2 – Análise das entrevistas – Parte A	24
IV.3 – Análise das entrevistas – Parte B	35
Capítulo V – Conclusões	42
Capítulo VI - Bibliografia	53

Capítulo I – Introdução

I.1 - A importância do estudo da Genética.

“O conhecimento biológico deve ser bem compreendido, a ponto de o estudante utilizar os conceitos em novas situações de aprendizado, no seu cotidiano.” (volume 3 dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio PCN, Ciências da Natureza, Matemática suas Tecnologias, 1999), Essa frase preconiza o conhecimento como exercício da cidadania, pois o conhecimento biológico, principalmente a Genética tem ganhado lugar de destaque no cotidiano de nossos alunos.

Segundo Torres (2001), o período atual no qual a Biologia esta passando é o mais comentado das ciências, e a que ocupa maior espaço na mídia. Para o autor alguns são os fatores que mostram o motivo dessa popularização: a preocupação com a saúde e o bem estar físico dos indivíduos, a liberdade sexual e as doenças sexualmente transmissíveis, os cuidados com o meio ambiente e a interferência no patrimônio genético. Para ele, a intensa divulgação e popularidade da Biologia trazem novas responsabilidades, especialmente para os professores de Ensino Médio, os quais são, muitas vezes, a única fonte de consulta e esclarecimento dos estudantes.

Seguindo essa tendência, a genética dentro da biologia se destaca pois para Griffiths e colaboradores (2001) mencionam duas razões básicas como justificativa para a importância do estudo da Genética. Primeiro, a Genética chegou para ocupar uma posição fundamental na Biologia como um todo; portanto, é essencial o entendimento da Genética para qualquer estudo sério sobre a vida. Segundo, a Genética, como nenhuma outra disciplina científica, tem se tornado fundamental para a compreensão de inúmeros aspectos dos interesses humanos. De fato, as questões genéticas parecem emergir diariamente, nos programas de televisão, séries policiais, nas prateleiras dos supermercados, nos noticiários, nas propagandas, enfim hoje a palavra Genética, já não é mais tão desconhecida do público de todas as classes e culturas.

Mas não adianta a palavra Genética, aparecer diversas vezes e de diferentes formas no nosso dia a dia. Isso demanda que o cidadão tenha um certo grau de conhecimento científico na área para compreender as potencialidades e as limitações da ciência e da tecnologia e ter uma participação responsável na sociedade moderna (Wood-Robinson e col., 1998).

Neste âmbito, o papel do professor é de fundamental importância, pois devemos levar em conta que os estudantes recebem informações das mais diversas fontes. Tais informações nem sempre são cientificamente corretas e, portanto, é nas escolas, por meio dos professores, que os estudantes devem adquirir informações e fundamentos científicos que possam subsidiar discussões. Desta forma, os estudantes podem desenvolver uma consciência crítica frente às informações da mídia.

Nesse contexto os professores devem abordar a Genética priorizando a educação científica. À alfabetização biológica, Krasilchik (2001) afirma que alguns pesquisadores consideram quatro estágios de alfabetização. O primeiro é o da alfabetização nominal, em que são identificados termos, mas a sua conceituação é ingênua ou desconhecida; o segundo estágio é o da alfabetização funcional, em que os termos são conhecidos e definidos por memorização sem compreensão real do seu significado; o terceiro é o estágio estrutural, em que são compreendidos os conceitos e princípios unificadores da Biologia; o quarto e último estágio de alfabetização biológica é o multidimensional, em que aspectos biológicos são analisados sob o ponto de vista do seu desenvolvimento histórico e influenciados por aspectos científicos, tecnológicos e sociais. Para a autora, torna-se primordial nos dias atuais, uma alfabetização biológica, haja vista a presença da Biologia no cotidiano.

I.2 - Dificuldades no Ensino e na aprendizagem de Genética.

O estudo de Genética é tido como a área da Biologia de mais difícil compreensão para estudantes e professores do Ensino Médio.

Essa dificuldade pode ser observada pelas idéias de Cho (1985) que são muito pertinentes em relação à Genética, pois vivemos em um mundo que discute a regulamentação do uso de células-tronco e organismos geneticamente modificados, os transgênicos; questões genéticas são abordadas freqüentemente pela mídia, dessa maneira, a população vai

construindo seus conceitos a respeito do assunto. Este público, que já apresenta pré concepções sobre o assunto, ao se deparar, na escola, com uma abordagem científica, tem dificuldade para abandonar as idéias do senso comum e estas se tornam obstáculos à compreensão dos conceitos.

Diversos estudos têm sido feitos na tentativa de averiguar a origem dos erros conceituais e os motivos dos estudantes apresentarem tantas dificuldades na resolução de problemas de Genética. Law e Lee (2004) afirmam que a maioria das pessoas reconhece nos pais a fonte das características hereditárias, no entanto, desconhecem a natureza e os mecanismos da herança. Para Cho (1985), os erros conceituais mais comuns relacionados à meiose e à transmissão de características hereditárias são: as relações entre separação cromossômica e replicação do DNA, entre par de alelos e expressão das características, e entre movimento cromossômico e transmissão das características.

Tolman (1982) acredita que a dificuldade em relacionar os conceitos de Meiose e de transmissão de características hereditárias vem da seqüência em que estes tópicos são apresentados nos livros de Biologia. A maioria dos livros analisados pelo autor aborda meiose e Genética em capítulos separados, sendo que o capítulo de meiose vem antes da Genética Mendeliana. Considerando que a Genética mendeliana estuda a transmissão das características entre os descendentes e a meiose aborda a separação dos alelos durante a reprodução sexual, o autor sugere que ambos os conceitos devam ser tratados num único capítulo e que durante a discussão da meiose já se incluam termos associados à Genética, como por exemplo, dominante e Recessivo, homozigótico e heterozigótico, genótipo e fenótipo. Cho (1985) afirma que o uso de conceitos incorretos e ambíguos nos livros didáticos pode resultar em dificuldades na aprendizagem da Genética.

Para Ayuso e Banet (1996), é comum os estudantes obterem êxito na resolução de problemas, no entanto, estes não requerem que se compreendam os conceitos ou processos implícitos nos mesmos; trata-se de exercícios de resolução mecânica e aplicação de algoritmos.

Com relação ao conceito de mutação, Mahadeva e Randerson (1982) relatam que os livros didáticos abordam as mutações como sendo raras prejudiciais e recessivas. Os autores recomendam que as mutações sejam abordadas de maneira que os estudantes compreendam que são mudanças na

molécula de DNA e que a expressão de uma mutação como rara, recessiva e prejudicial depende do ambiente e da época que este organismo vive.

David Ausubel e colaboradores (1980) defendem a idéia de que toda aprendizagem deve ser significativa, isto é, que o estudante relacione a nova informação a ser aprendida com o que já sabe, dando-lhe um lugar dentro de um todo mais amplo. Só assim, o estudante seria capaz de aplicar o que foi aprendido em determinada situação a uma variedade de situações semelhantes. Segundo esses autores, quanto mais significativo for o conteúdo aprendido, mais rápido será o processo de aprendizagem e quanto mais significativa for à aprendizagem, mais duradoura será a retenção na memória. Só será de fato aprendido aquilo que fizer sentido para o estudante, caso contrário ele irá reproduzir as informações nas avaliações e em seguida descartar tal conteúdo

Banet e Ayuso (2000) afirmam que as estratégias de ensino tradicionais têm pouco efeito na aquisição conceitual dos estudantes. Vários estudos sugerem que se modifiquem as práticas pedagógicas por meio de novas estratégias de ensino. Nesta linha de raciocínio, um recurso recomendado para o ensino de Genética são os modelos e analogia.

Em um estudo feito simultaneamente na Inglaterra e na Alemanha, Lewis e Kattmann (2004) concluíram que, ao se trabalhar o conceito de gene, não se trata apenas de um processo de mudança conceitual em que as pré-concepções são abandonadas e substituídas por uma explicação científica, mas, ao invés disso, um processo evolutivo de assimilação e apreensão conceitual em que as concepções prévias são conciliadas com a nova concepção. A conclusão a que Lewis chegou pode ser ampliada para os demais conceitos abordados em Genética, pois trata-se de uma nova maneira de se pensar a mudança conceitual, em que não há o intuito de substituir o conceito prévio e sim conciliá-lo com o científico. Talvez dessa maneira os estudantes passem a ver mais sentido na aprendizagem escolar.

Para Shapiro (1985), as analogias devem tornar a nova informação mais concreta e mais acessível à imaginação do estudante. Para o autor, as analogias são de essencial importância na mudança conceitual, sendo que deve auxiliar a reestruturar a memória existente e preparar para a aquisição da nova informação; elas possibilitam que o estudante construa seu próprio

conhecimento à medida que relaciona o novo conceito, geralmente abstrato, com a analogia.

Capítulo II. Objetivos.

II . 1 - Objetivo Geral

O Objetivo desse trabalho de pesquisa é analisar o compreensão de conceitos fundamentais de Genética, apresentado por alunos do Ensino Médio dos Colégio Expressão de Mongaguá e Escola Estadual Rosélia Braga Xavier, tendo base em exercícios do Exame Nacional do Ensino Médio. ENEM , que abordam a Genética.

II . 2 - Objetivos Específicos

No trabalho a ser apresentado, a compreensão dos conhecimentos adquiridos pelos alunos são:

- a) Analisar os conceitos fundamentais de Genética e de disciplinas correlatas apresentados por estudantes do Ensino Médio.
- b) Deduzir as possíveis explicações para as compreensões inadequadas dos conceitos básicos de Genética
- c) Discutir as possíveis causas das dificuldades encontradas nesses estudantes.

Capítulo III – Metodologia

A metodologia utilizada na realização do trabalho são :

- a) Seleção das questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).
- b) Pesquisa do conteúdo abordado em cada questão em livros didáticos utilizados como referência no Ensino Médio.
- c) Aplicação de questionários com as questões selecionadas para essa pesquisa.
- d) Realização de entrevistas com estudantes do Colégio Expressão de Mongaguá e Escola Estadual Rosélia Braga Xavier..
- e) Análise dos resultados apresentados pelo relatório do MEC e das entrevistas realizadas.

III.1 – Seleção de questões

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) foi um exame aplicado aos formandos do Ensino Médio, com o objetivo de avaliar os cursos de Ensino Médio no que tange aos resultados do processo ensino aprendizagem.

A prova foi constituída por sessenta questões de múltipla escolha considerados todos conteúdos do Ensino Médio. O Exame Nacional do Ensino Médio foi escolhido por representar, o teste mais significativo e representativo do Ensino Médio no país

III .2- Aplicação de questionários

No sentido de nos aproximarmos dos estudantes do ensino médio foi aplicado um questionário com as dez questões do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio de 2004 á 2009) analisadas em cinquenta e um alunos do último ano do Ensino Médio.(tabela 1)

Segundo Laville e Dionne (1999), o uso de questionários de múltipla escolha permite alcançar rápida e simultaneamente um grande número de pessoas, além de assegurar, por meio da uniformização, que cada pessoa veja as questões formuladas da mesma maneira.

Os estudantes que responderam aos questionários eram provenientes de duas Instituições do setor privado. A seleção destas escolas foi feita conforme

a receptividade dos coordenadores de curso das Instituições e/ou disponibilidade dos estudantes responderem aos questionários.

Os estudantes receberam uma breve explicação da pesquisa e durante cerca de 60 minutos concluíram o preenchimento do questionário.

Instituição	Período	Nº de estudantes
A	Matutino	24
B	Matutino	27

Tabela 1 – Número de alunos que responderam o questionário, por Instituição.

As respostas foram obtidas de estudantes que se dispuseram a aceitar as condições da pesquisa e autorizaram a utilização dos dados. A tabulação foi realizada de acordo com os acertos propostos pelo gabarito e as questões discutidas uma a uma.

III.3 - Realização de entrevistas

No final do questionário respondido espontaneamente pelos estudantes, havia um formulário para ser preenchido por aqueles que tivessem disponibilidade e interesse em participar das entrevistas.

Esse método de coleta de dados, foi utilizado pois os resultados obtidos pelos questionários, como já era de se esperar, deveriam estar de acordo com os dados fornecidos pelo relatório do MEC. Além disso, acreditávamos que o uso de entrevistas pudesse fornecer dados que complementassem os questionários. Segundo Ludke e André (1986) a utilização de entrevistas pode permitir um aprofundamento e esclarecimento de pontos levantados por outras técnicas.

Inicialmente, no primeiro momento entrevistamos dez estudantes das duas Instituições onde os questionários foram aplicados. Em um segundo momento, houve a necessidade de realizar mais entrevistas para aumentar a amostra e fazer uma análise mais detalhada do assunto. Nesta etapa não foi utilizado os questionários como estratégia de aproximação. Foi feito contato prévio com os coordenadores e professores e obtivemos autorização para uma conversa com os estudantes.

No início da aula explicamos rapidamente os objetivos da pesquisa e a importância da realização das entrevistas. Os estudantes que se dispuseram a participar preencheram o formulário.

Foram realizadas um total de trinta entrevistas em duas Instituições de Ensino Médio, sendo 15 alunos de cada colégio.

O método utilizado foi o de entrevistas semi-estruturadas e gravadas, mediante autorização. Estas entrevistas foram posteriormente transcritas na íntegra.

III. 4 - Pesquisa em livros didáticos

O conteúdo abordado em cada uma das questões foi pesquisado no livro **Biologia**, de Silva (2005) com o intuito de verificar como o autor aborda os conceitos pesquisados, na tentativa de estabelecer possíveis motivos para os equívocos nas respostas assinaladas.

Optamos por pesquisar o conteúdo na coleção desses livros pelo fato de servirem como referência nos cursos de Ensino nas duas Instituições.Ciências.

Capítulo IV – Resultados.

IV. 1 - Análise das questões do ENEM

A primeira etapa do trabalho foi realizar um levantamento dos dados apresentados no questionário aplicado para os 51 alunos das duas unidades escolares. Utilizamos a prova do ENEM pelo fato de ter sido elaborado de acordo com as Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio. Sendo assim, as questões abordadas pelo Exame foram elaboradas tendo em vista as habilidades e competências necessárias para a formação de estudantes aptos a ingressar uma universidade.

O índice de facilidade refere-se aos percentuais de acerto geral em cada questão. Segundo este índice, uma questão é considerada muito fácil, fácil, média, difícil ou muito difícil, conforme seu índice de facilidade seja maior do que 85%, esteja entre 61% e 85%, entre 41% a 60%, entre 16% a 40% e menor que 16%, respectivamente.

Índice	Classificação
> 85%	Muito fácil
61% a 85%	Fácil
41% a 60%	Médio
16% a 40%	Difícil
< 16%	Muito difícil

Tabela 01 – Classificação do índice de facilidade.

Uma outra preocupação foi verificar se livros didáticos apresentavam o conteúdo tratado nas dez questões estudadas e, caso o conteúdo fosse abordado, verificar, também, a maneira como tal assunto é apresentado. Por isso, realizamos uma leitura minuciosa do livro utilizado por estas instituições Biologia Silva (2005) para investigar se os conceitos eram tratados e como isso era feito.

IV. 1.1 - Questões

Decidimos analisar o resultado das questões do ENEM por abordarem conceitos de Genética, Biologia Molecular e Biologia Celular. A resposta correta de acordo com o gabarito expedido pelo relatório do MEC apresenta-se destacada em negrito, tanto nos quadros quanto nas tabelas, em cada uma das

dez questões. As tabelas foram elaboradas levando-se em consideração a classificação utilizada no relatório do MEC, geral, superior e inferior, que referem-se, respectivamente, ao grupo total de estudantes, ao grupo que obteve os melhores resultados, com maiores índices de acertos, e ao grupo que obteve os piores resultados, com menores índices de acertos, respectivamente, da prova como um todo.

Questão 1 – Quadro I

Enem 2004

1 A identificação da estrutura do DNA foi fundamental para compreender seu papel na continuidade da vida. Na década de 1950, um estudo pioneiro determinou a proporção das bases nitrogenadas que compõem moléculas de DNA de várias espécies

Exemplos de materiais analisados	BASES NITROGENADAS			
	ADENINA	GUANINA	CITOSINA	TIMINA
Espermatozóide humano	30,7%	19,3%	18,8%	31,2%
Fígado humano	30,4%	19,5%	19,9%	30,2%
Medula óssea de rato	28,6%	21,4%	21,5%	28,5%
Espermatozóide de ouriço-do-mar	32,8%	17,7%	18,4%	32,1%
Plântulas de trigo	27,9%	21,8%	22,7%	27,6%
Bactéria <i>E. coli</i>	26,1%	24,8%	23,9%	25,1%

A comparação das proporções permitiu concluir que ocorre emparelhamento entre as bases nitrogenadas e que elas formam

(A) pares de mesmo tipo em todas as espécies, evidenciando a universalidade da estrutura do DNA.

(B) pares diferentes de acordo com a espécie considerada, o que garante a diversidade da vida.

(C) pares diferentes em diferentes células de uma espécie, como resultado da diferenciação celular.

(D) pares específicos apenas nos gametas, pois essas células são responsáveis pela perpetuação das espécies.

(E) pares específicos somente nas bactérias, pois esses organismos são formados por uma única célula

1.1 Análise Geral

A questão apresenta um índice de discriminação excelente (0,53), sendo que 73,25% a assinalaram, e índice de facilidade médio, 0,42.

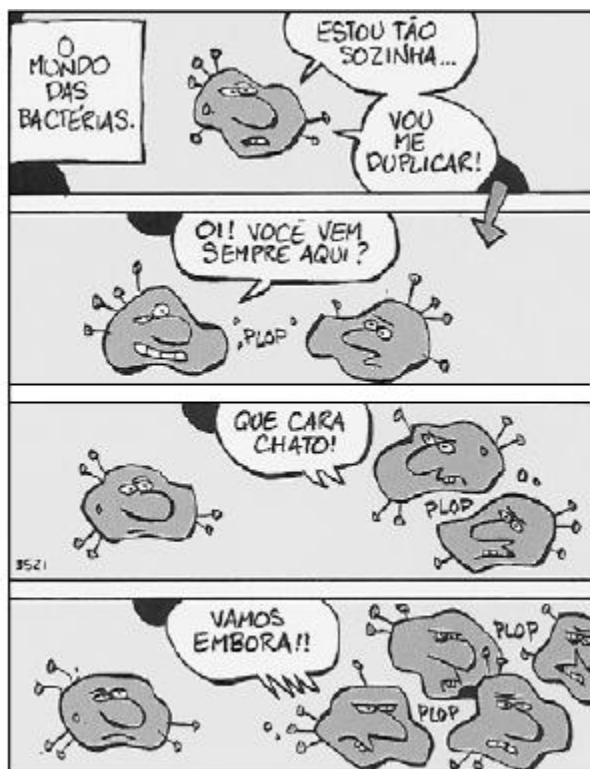
Das alternativas incorretas, a mais assinalada foi a “B”, que foi a opção de 12,44%. Analisando-se a alternativa “B”, verifica-se que este grupo de estudantes desconhece a universalidade do DNA.

1.2 Abordagem em livro didático

A dificuldade encontrada em responder a questão acima, esta associada a falta de analogia e seqüência do livro didático Silva (2005), os alunos não reconhecem temas abordados sobre o DNA, pois este tema esta não tem retomada no livro no 3º ano do Ensino Médio, apenas um pequena reapresentação no capítulo de genoma. deixando a cargo do professor em complementar com revisão sobre o conteúdo, pois o assunto foi tratado no 1º ano do Ensino Médio.

Questão 2 – Quadro II

Enem 2007



São características do tipo de reprodução representado na tirinha:

- (A) simplicidade, permuta de material gênico e variabilidade genética.
- (B) rapidez, simplicidade e semelhança genética.**
- (C) variabilidade genética, mutação e evolução lenta.
- (D) gametogênese, troca de material gênico e complexidade.
- (E) clonagem, gemulação e partenogênese

2.1 Análise Geral

Trata-se de uma questão com excelente índice de discriminação (0,68), tendo o grupo um índice de 85,93% de acerto, o índice de facilidade é considerado médio (0,47).

Das respostas incorretas, a que obteve maior porcentagem de escolha foi a alternativa “D”, 24,36% do a assinalaram, o que leva a supor que os estudantes desconhecem ou confundem os tipos de reprodução, especialmente a reprodução assexuada, sua rapidez e variabilidade genética.

2.2 Abordagem no livro didático

A questão numero 2 sofre o mesmo problema do exercício anterior, pois os alunos já tiveram o conteúdo no 1º ano do Ensino Médio, que através da análise do livro didático Silva (2005), também não aprofunda o assunto apenas diferenciando reprodução sexuada da assexuada, sem pontuar os diferentes tipos e seu papel na evolução.. Porém o índice de acerto foi maior, devido o assunto ter sido tratado por linguagem visual (charge) que facilitou o regate do conhecimento sobre reprodução sexuada e assexuada.

Questão 3 – Quadro III

As mudanças evolutivas dos organismos resultam de alguns processos comuns à maioria dos seres vivos. É um processo evolutivo comum a plantas e animais vertebrados:

- (A) movimento de indivíduos ou de material genético entre populações, o que reduz a diversidade de genes e cromossomos.
- (B) sobrevivência de indivíduos portadores de determinadas características genéticas em ambientes específicos.**
- (C) aparecimento, por geração espontânea, de novos indivíduos adaptados ao ambiente.

- (D) aquisição de características genéticas transmitidas aos descendentes em resposta a mudanças ambientais.
- (E) recombinação de genes presentes em cromossomos do mesmo tipo durante a fase da esporulação

3.1 Análise Geral.

Trata-se de uma questão com índice de discriminação médio (0,23), tendo o grupo um índice de 49,36% de acerto, De acordo com o índice de facilidade, esta é uma questão difícil (0,35).

Das respostas incorretas, a que obteve maior porcentagem de escolha foi a alternativa “A”, na qual 15,13% a assinalaram. Para responder corretamente a esta questão, é necessário que o estudante tenha domínio dos conceitos abordados e que seja capaz de relacioná-los à situação problema apresentada na questão. Se a aprendizagem foi mais mecânica do que significativa o estudante não será capaz de fazer a transposição dos conceitos para essa situação, caso ela não tenha sido explicitamente tratada em aula ou no livro didático.

3.2 Abordagem em livro didático.

O livro didático Silva (2005) aborda o assunto de evolução , iniciando com a discussão entre transformismo e fixismo, abordando sobre a teologia natural da bíblia e os mecanismos de evolução de Lamarck e Darwin. Durante o capítulo o autor confirma que o estudo da evolução se baseia na comprovação científica através de evidências como: anatomia comparada, embriologia comparada, fósseis e biologia comparada.

O capítulo finaliza com uma leitura complementar sobre “A história da Terra e a evolução biológica”, onde aborda o tema: Pangeia, texto este que para a questão exigida acima é muito útil pois aborda a sobrevivência de animais e plantas que conseguira se adaptar o ambiente.

Questão 4 – Quadro IV

Todas as reações químicas de um ser vivo seguem um programa operado por uma central de informações. A meta desse programa é a auto-replicação

de todos os componentes do sistema, incluindo-se a duplicação do próprio programa ou mais precisamente do material no qual o programa está inscrito. Cada reprodução pode estar associada a pequenas modificações do programa.

M. O. Murphy e I. O'Neill (Orgs.). **O que é vida? 50 anos depois — especulações sobre o futuro da biologia**. São Paulo: UNESP. 1997 (com adaptações).

São indispensáveis à execução do “programa” mencionado acima processos relacionados a metabolismo, autoreplicação e mutação, que podem ser exemplificados, respectivamente, por:

- (A) fotossíntese, respiração e alterações na seqüência de bases nitrogenadas do código genético.
- (B) duplicação do RNA, pareamento de bases nitrogenadas e digestão de constituintes dos alimentos.
- (C) excreção de compostos nitrogenados, respiração celular e digestão de constituintes dos alimentos.
- (D) respiração celular, duplicação do DNA e alterações na seqüência de bases nitrogenadas do código genético.**
- (E) fotossíntese, duplicação do DNA e excreção de compostos nitrogenados.

4.1 Análise Geral

Trata-se de uma questão com bom índice de discriminação (0,36), tendo o grupo um índice de 64,47% de acerto. De acordo com o índice de facilidade, a questão é considerada de grau médio (0,45).

Das respostas incorretas, a que obteve maior porcentagem de escolha foi a alternativa “B”, na qual 20,51% do grupo a assinalaram.

4.2 Abordagem em livro didático

O assunto da questão acima é tratada no livro Silva (2005), em citologia através do papel da mitocôndria e a discussão da organela com DNA próprio, demonstrando ao alunado uma das evidências de simbiose entre os seres, partindo mais a frente ao estudo do DNA, abordando os significados dos termos: DNA, RNA, genes, genoma e cromossomo, além de pontuar sobre as

bases nitrogenadas e os processos de duplicação do DNA , a fabricação e utilização do RNA e os processos de duplicação, transcrição e tradução. Assuntos bastante extensos que o professor necessita se atentar para revisar no 3º ano do Ensino Médio.

Questão 5 – Quadro V

Enem 2008

Define-se genoma como o conjunto de todo o material genético de uma espécie, que, na maioria dos casos, são as moléculas de DNA. Durante muito tempo, especulou-se sobre a possível relação entre o tamanho do genoma — medido pelo número de pares de bases (pb) —, o número de proteínas produzidas e a complexidade do organismo. As primeiras respostas começam a aparecer e já deixam claro que essa relação não existe, como mostra a tabela abaixo.

espécie	nome comum	tamanho estimado do genoma (pb)	n.º de proteínas descritas
<i>Oryza sativa</i>	arroz	5.000.000.000	224.181
<i>Mus musculus</i>	camundongo	3.454.200.000	249.081
<i>Homo sapiens</i>	homem	3.400.000.000	459.114
<i>Rattus norvegicus</i>	rato	2.900.000.000	109.077
<i>Drosophila melanogaster</i>	mosca-da-fruta	180.000.000	86.255

Internet: www.cbs.dtu.dk e www.ncbi.nlm.nih.gov.

De acordo com as informações acima,

- (A) o conjunto de genes de um organismo define o seu DNA.
- (B) a produção de proteínas não está vinculada à molécula de DNA.
- (C) o tamanho do genoma não é diretamente proporcional ao número de proteínas produzidas pelo organismo.**
- (D) quanto mais complexo o organismo, maior o tamanho de seu genoma.
- (E) genomas com mais de um bilhão de pares de bases são encontrados apenas nos seres vertebrados

5.1 Análise Geral

Trata-se de uma questão com índice de discriminação excelente (0,62), tendo o grupo um índice de 74,43% de acerto, o índice de facilidade foi de 0,36, o que a classifica como sendo uma questão difícil.

Das respostas incorretas, a que obteve maior porcentagem de escolha foi a alternativa “B”, na qual 21,08% do grupo a assinalaram.

Para responder a esta questão com êxito, é necessário que o estudante seja capaz de relacionar os conceitos aprendidos à analogia feita no texto.

5.2 Abordagem em livro didático.

O livro didático Silva (2005) aborda o assunto genoma, iniciando a relação do genoma com os campos de biotecnologia, a sua definição e a importância na formação de um organismo. Somente nesse momento o tema DNA é discutido com os alunos, já passado conteúdos que necessitava resgatar esses conceitos, como a aplicação na 1ª e 2ª lei de Mendel, alelos múltiplos, grupos sanguíneos, interação gênica

Questão 6 – Quadro VI

Durante muito tempo, os cientistas acreditaram que variações anatômicas entre os animais fossem consequência de diferenças significativas entre seus genomas. Porém, os projetos de seqüenciamento de genoma revelaram o contrário. Hoje, sabe-se que 99% do genoma de um camundongo é igual ao do homem, apesar das notáveis diferenças entre eles. Sabe-se também que os genes ocupam apenas cerca de 1,5% do DNA e que menos de 10% dos genes codificam proteínas que atuam na construção e na definição das formas do corpo. O restante, possivelmente, constitui DNA não-codificante. Como explicar, então, as diferenças fenotípicas entre as diversas espécies animais? A resposta pode estar na região não-codificante do DNA.

S. B. Carroll *et al.* **O jogo da evolução.** *In: Scientific American Brasil*, jun./2008 (com adaptações).

A região não-codificante do DNA pode ser responsável pelas diferenças marcantes no fenótipo porque contém

- (A) as seqüências de DNA que codificam proteínas responsáveis pela definição das formas do corpo.
- (B) uma enzima que sintetiza proteínas a partir da seqüência de aminoácidos que formam o gene.
- (C) centenas de aminoácidos que compõem a maioria de nossas proteínas.
- (D) informações que, apesar de não serem traduzidas em seqüências de proteínas, interferem no fenótipo.**

(E) os genes associados à formação de estruturas similares às de outras espécies.

6.1 Análise Geral.

Trata-se de uma questão com índice de discriminação fraco (0,17), na qual 44,61% a responderam corretamente; de acordo com o índice de facilidade, esta é uma questão difícil (0,34) .

Das respostas incorretas, a que obteve maior porcentagem de escolha foi a alternativa "B", na qual 46,08% do grupo a assinalaram.

No livro didático, o assunto é tratado de maneira descritiva, não são explorados exemplos ou analogias. Para obter êxito na resposta, é necessário que o estudante seja capaz de relacionar os conceitos aprendidos à analogia do texto.

6.2 Abordagem em livro didático.

O livro didático em nenhum dos volumes abordou o tema do DNA codificante, motivo pelo qual os alunos não foram bem nessa questão, a maioria dos alunos quando leram a questão demonstraram desinteresse pois não conseguiram fazer qualquer analogia com o conteúdo estudado.

Questão 7 – Quadro VII

Enem 2009

Um novo método para produzir insulina artificial que utiliza tecnologia de DNA recombinante foi desenvolvido por pesquisadores do Departamento de Biologia Celular da Universidade de Brasília (UnB) em parceria com a iniciativa privada. Os pesquisadores modificaram geneticamente a bactéria *Escherichia coli* para torná-la capaz de sintetizar o hormônio. O processo permitiu fabricar insulina em maior quantidade e em apenas 30 dias, um terço do tempo necessário para obtê-la pelo método tradicional, que consiste na extração do hormônio a partir do pâncreas de animais abatidos.

Ciência Hoje, 24 abr. 2001. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br> (adaptado).

A produção de insulina pela técnica do DNA recombinante tem, como consequência,

- (A) o aperfeiçoamento do processo de extração de insulina a partir do pâncreas suíno.
- (B) a seleção de microrganismos resistentes a antibióticos.
- (C) o progresso na técnica da síntese química de hormônios.
- (D) impacto favorável na saúde de indivíduos diabéticos.**
- (E) a criação de animais transgênicos.

7.1 Análise geral

Trata-se de uma questão com índice de discriminação excelente (0,51) , tendo o grupo 63,26% de acerto, Considerando-se o índice de facilidade, esta é uma questão considerada difícil (0,35).

Das respostas incorretas, a que obteve maior porcentagem de escolha foi a alternativa “D”, na qual 31,97% do grupo a assinalaram

7.2 Abordagem em livro didático.

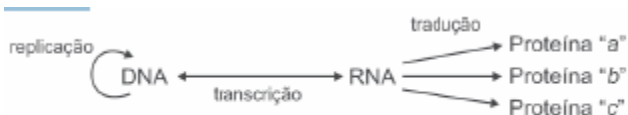
O assunto abordado na questão pode ser analisado no capítulo sobre biotecnologia do livro didático, onde este tem início a um texto sobre as diferentes biotecnologias, após um estudo mais detalhado sobre a engenharia genética e o DNA recombinante, nesse capítulo foram também pontuados a clonagem da ovelha Dolly e sua cria Polly, os OGMs e transgênicos

As ferramentas da engenharia genética, foram trabalhadas neste setor, onde foram citados: as enzimas, PCR, vetores e biobalística e eletroporação, este tema foi encerrado com os resultados utilizados em nosso cotidiano pela engenharia genética como: plantas e animais transgênicos, terapia gênica, fingerprints Auxiliando na resposta do exercício proposto

.

Questão 8 – Quadro VIII

A figura seguinte representa um modelo de transmissão da informação genética nos sistemas biológicos. No fim do processo, que inclui a replicação, a transcrição e a tradução, há três formas proteicas diferentes denominadas *a*, *b* e *c*.



Depreende-se do modelo que

- (A) a única molécula que participa da produção de proteínas é o DNA.
- (B) o fluxo de informação genética, nos sistemas biológicos, é unidirecional.
- (C) as fontes de informação ativas durante o processo de transcrição são as proteínas.
- (D) é possível obter diferentes variantes proteicas a partir de um mesmo produto de transcrição.**
- (E) a molécula de DNA possui forma circular e as demais moléculas possuem forma de fita simples linearizadas

8.1 Análise geral.

A questão apresenta um índice de discriminação excelente (0,53), sendo que 74,82% a assinalaram, e índice de facilidade médio, 0,43.

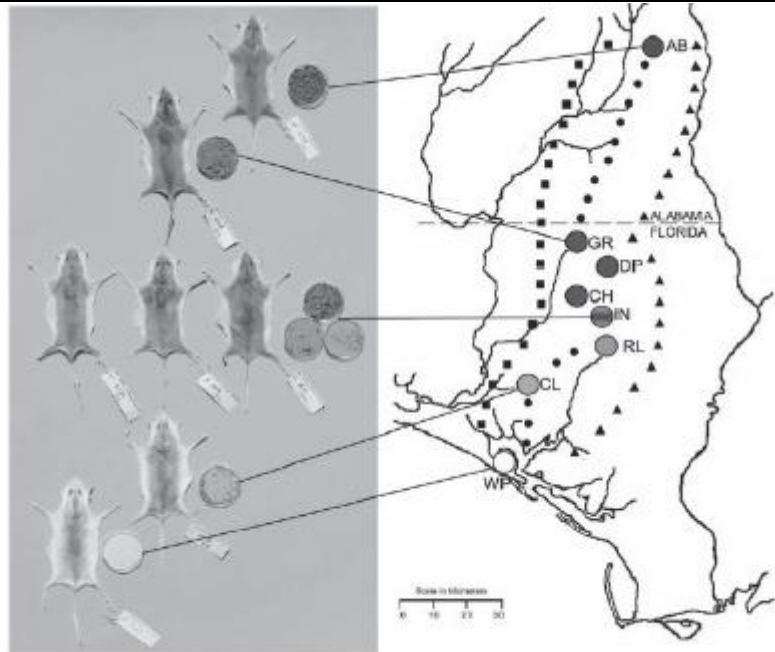
Das alternativas incorretas, a mais assinalada foi a “B”, que foi a opção de 17,44%. Analisando-se a alternativa “B”, verifica-se que este grupo de estudantes desconhece o processo de transcrição.

8.2 Abordagem do livro didático.

O alunado nesta questão não obteve bom resultado, pois conteúdo de transcrição do DNA, somente é comentado, sem nenhum aprofundamento no livro didático, não sendo uma informação explícita, dificultando a resposta correta.

Questão 9 - Quadro IX

Os ratos *Peromyscus polionotus* encontram-se distribuídos em ampla região na América do Norte. A pelagem de ratos dessa espécie varia do marrom claro até o escuro, sendo que os ratos de uma mesma população têm coloração muito semelhante. Em geral, a coloração da pelagem também é muito parecida à cor do solo da região em que se encontram, que também apresenta a mesma variação de cor, distribuída ao longo de um gradiente sul-norte. Na figura, encontram-se representadas sete diferentes populações de *P. polionotus*. Cada população é representada pela pelagem do rato, por uma amostra de solo e por sua posição geográfica no mapa



MULLEN, L. M.; HOEKSTRA, H. E. Natural selection along an environmental gradient: a classic cline in mouse pigmentation. *Evolution*, 2008.

O mecanismo evolutivo envolvido na associação entre cores de pelagem e de substrato é

(A) a alimentação, pois pigmentos de terra são absorvidos e alteram a cor da pelagem dos roedores.

(B) o fluxo gênico entre as diferentes populações, que mantém constante a grande diversidade interpopulacional.

(C) a seleção natural, que, nesse caso, poderia ser entendida como a sobrevivência diferenciada de indivíduos com características distintas.

(D) a mutação genética, que, em certos ambientes, como os de solo mais escuro, têm maior ocorrência e capacidade de alterar significativamente a cor da pelagem dos animais.

(E) a herança de caracteres adquiridos, capacidade de organismos se adaptarem a diferentes ambientes e transmitirem suas características genéticas aos descendentes.

9.1 Análise Geral

Esta é uma questão com excelente índice de discriminação (0,56), pois 85,10% dos estudantes assinalaram a alternativa correta (C); quanto ao índice de facilidade é considerada uma questão de índice médio (0,55).

A alternativa incorreta mais assinalada foi a “B”, na qual 37,44% a assinalaram.

A questão aborda seleção natural, onde o estudante que tem a habilidade de interpretação de texto e dados, conseguiu resolvê-lo sem dificuldade.

9.2 Abordagem no livro didático

O tema da questão foi amplamente estudado pelo livro didático com um capítulo inteiro explicando sobre as teorias de evolução, comparando as teorias de Lamarck, Darwin e especialmente a seleção natural. Os textos desse capítulo retrata as experiências de Darwin, suas viagens e disputas com Wallace e a influência de Thomas Malthus, partindo para exemplos sobre a seleção natural, como: a anemia falciforme e a resistência de bactérias ao antibiótico.

Questão 10 – Quadro X.

Uma vítima de acidente de carro foi encontrada carbonizada devido a uma explosão. Indícios, como certos adereços de metal usados pela vítima, sugerem que a mesma seja filha de um determinado casal. Uma equipe policial de perícia teve acesso ao material biológico carbonizado da vítima, reduzido, praticamente, a fragmentos de ossos. Sabe-se que é possível obter DNA em condições para análise genética de parte do tecido interno de ossos. Os peritos necessitam escolher, entre cromossomos autossômicos, cromossomos sexuais (X e Y) ou DNAm (DNA mitocondrial), a melhor opção para identificação do parentesco da vítima com o referido casal. Sabe-se que, entre outros aspectos, o número de cópias de um mesmo cromossomo por célula maximiza a chance de se obter moléculas não degradadas pelo calor da explosão. Com base nessas informações e tendo em vista os diferentes padrões de herança de cada fonte de DNA citada, a melhor opção para a perícia seria a utilização

(A) do DNAm, transmitido ao longo da linhagem materna, pois, em cada célula humana, há várias cópias dessa molécula.

(B) do cromossomo X, pois a vítima herdou duas cópias desse cromossomo, estando assim em número superior aos demais.

(C) do cromossomo autossômico, pois esse cromossomo apresenta maior quantidade de material genético quando comparado aos nucleares, como, por exemplo, o DNAm.

(D) do cromossomo Y, pois, em condições normais, este é transmitido integralmente do pai para toda a prole e está presente em duas cópias em células de indivíduos do sexo feminino.

(E) de marcadores genéticos em cromossomos autossômicos, pois estes, além de serem transmitidos pelo pai e pela mãe, estão presentes em 44 cópias por célula, e os demais, em apenas uma.

10.1 Análise Geral

Trata-se de uma questão com índice de discriminação excelente (0,53) , tendo o grupo 68,46% de acerto, Considerando-se o índice de facilidade, esta é uma questão considerada difícil (0,35).

Das respostas incorretas, a que obteve maior porcentagem de escolha foi a alternativa “D”, na qual 26,87% do grupo a assinalaram.

A análise do texto evidencia o uso do DNA mitocondrial oriundo do linguagem matrilinea

10.2 Abordagem em livro didático.

Apesar de uma questão que aborda assunto de muito interesse em jovens devido a programas de televisão, seriados e até jogos, o livro didático utilizado pelos alunos não aborda o DNA mitocondrial e suas aplicações. Trazendo grande dificuldade para resolução deste exercício.

IV. 2 - Análise das Entrevistas – Parte A

No início das entrevistas o pesquisador ressaltou aos alunos que não deveria haver preocupação com respostas decoradas e definições prontas; o que se esperava com as questões é que os formandos respondessem com suas próprias palavras aquilo que tinha ficado como aprendizado de cada um dos tópicos questionados.

Cada entrevista durou em média vinte minutos e transcorreu no sentido de uma conversa informal. Os questionamentos foram feitos abordando os mesmos conceitos envolvidos em cada uma das dez questões do ENEM cujos resultados foram previamente analisados .

A seguir, será apresentado trechos das entrevistas com o objetivo de complementar os resultados analisados dos questionários e de ilustrar os conhecimentos que os vestibulandos apresentaram sobre determinados conceitos da Genética. Os trechos apresentados nos resultados foram transcritos exatamente da maneira como o estudante falou. Dessa maneira, será comum encontrar problemas com a concordância e erros de linguagem.

As questões aplicadas nas entrevistas serão aqui apresentadas por assunto ou por conceitos que se relacionam e não seguem, necessariamente, a mesma seqüência em que foram feitas aos entrevistados. Optamos por apresentar os resultados agrupando questões de acordo com conceitos relacionados para facilitar a leitura e a discussão. Em todas as questões há um comentário do pesquisador seguido de trechos das entrevistas.

Os comentários que constam ao longo da análise foram pautados nos seguintes critérios:

- a) O estudante declara desconhecimento do assunto.
- b) São apresentadas explicações para o conceito questionado, porém essas explicações são confusas, ou superficiais, ou distorcidas, ou ainda fazem parte do senso comum. São freqüentes as respostas com palavras soltas e desconexas.
- c) As respostas apresentadas possuem embasamento teórico. O estudante apresenta respostas completas e pautadas em conhecimentos científicos.
- d) Além das explicações cientificamente corretas os estudantes são capazes de estabelecer relações adequadas entre os diversos conceitos biológicos. Utilizamos a letra “A” na identificação dos estudantes entrevistados por ser a inicial de “Alunos”, já que todos os entrevistados eram estudantes de último ano.

Cabe ressaltar que realizamos uma pesquisa qualitativa, no entanto, nos casos em que encontramos um número muito elevado ou muito reduzido de estudantes com respostas adequadas ou inadequadas para um mesmo conceito, decidimos utilizar valores percentuais para que o leitor possa ter a real dimensão do resultado obtido.

Um fato bastante marcante que podemos notar é que, muitas vezes, estudantes oriundos de uma mesma Instituição de Ensino e de uma mesma turma e que, portanto, participam de uma mesma situação de ensino-aprendizagem, apresentam concepções diferentes sobre determinado tópico ou

ainda, enquanto um apresenta uma conceituação dentro do considerado cientificamente correto outro, simplesmente, declara desconhecer o assunto ou apresenta uma definição do senso comum.

O objetivo da transcrição integral das entrevistas foi auxiliar a discussão pertinente ao exposto pelos estudantes além de permitir um relato fiel dos conceitos tidos como corretos pelos entrevistados. As questões elaboradas na entrevista solicitavam que os estudantes expusessem os motivos pelos quais assinalaram alternativas incorretas, julgando-as corretas, além de serem interrogados sobre a concepção de conceitos básicos de Genética.

2.1 - Conceito e localização do DNA

Ao solicitarmos que os estudantes falassem sobre o DNA, esperávamos que discorressem sobre o modelo da dupla-hélice, sobre a constituição química, sobre a função e sobre sua localização. Não encontramos quem dissesse não saber nada sobre o DNA, mas muitos estudantes falaram apenas de sua localização na célula, considerando-o como restrito exclusivamente ao núcleo celular.

A01 – *“Ele fica dentro do núcleo da célula, ... eu acho; só no núcleo.”*

A03 – *“O DNA fica no núcleo, só no núcleo.”*

Houve estudantes que responderam de maneira mais satisfatória, dentro do esperado, mas ainda assim, alguns cometeram equívocos. Continuamos aqui com estudantes que ainda atribuem a localização do DNA exclusivamente ao núcleo, enquanto outros citam o DNA mitocondrial, de cloroplastos e bacteriano. Encontramos também estudantes descrevendo nucleotídeos.

A02 – *“O DNA está no núcleo, só no núcleo. Ele vai mandar produzir as proteínas através dos ribossomos. Eu sei que ele faz isso, mas não lembro como faz para chegar do DNA para os ribossomos.”*

A04 – *“O DNA está no núcleo e na mitocôndria, acho que nos cloroplastos também tem. Agora eu só não sei se ele está no ... ou se é no ribossomo ... Tem uma coisa de nucleotídeos ... é aquela sequência lá de adenina, timina ... Acho que cada três vai formar uma enzima, é isso?”*

A07 – *“Tem nucleotídeos que é a ribose, a base nitrogenada e o fosfato. A sequência de bases nitrogenadas conseguem transcrever para um RNAm e para uma molécula de proteína. O DNA fica no núcleo da célula, só no núcleo.”*

A08 – *“Açúcar com base nitrogenada e fosfato que juntos formam a cadeia de açúcares. Fica no núcleo e nas mitocôndrias . As bactérias têm DNA circular.”*

A10 – *“O DNA é onde está armazenado o que a gente vai ser, todas as características que a gente apresenta no nosso corpo e tudo está armazenado ali. É ele que vai falar como as proteínas devem se organizar; vai determinar quais são os aminoácidos para dar origem a determinados tecidos; ele é meio que o provedor. Ele fica no núcleo da célula, na gente só no núcleo e nas bactérias fica disperso no citoplasma.”*

Encontramos estudantes que responderam além do que esperávamos, abordando íntrons, exons, ligações do tipo pontes de hidrogênio, DNA “lixo”, duplicação semiconservativa dentre outros conceitos citados.

A12 – *“Sequência de nucleotídeos, que são diferentes pelas bases nitrogenadas adenina, timina, citosina e guanina, e que elas são arranjadas em dupla hélice. São pontes de hidrogênio entre cada base, como se fosse uma escada. Os degraus são as pontes de hidrogênio de AT, CG. No DNA estão guardadas todas as informações genéticas e os segmentos que codificam essas informações são os genes. Só que a minoria do DNA, por volta de uns 10% codifica genes, tem a parte inferior e superior, para saber onde começa e onde termina o início da transcrição de cada gene. Dentro dos genes estão os íntrons e os exons, os exons codificam mesmo e os íntrons não. Eles serão eliminados na transcrição, não serão traduzidos. O DNA fica no núcleo celular, nos cromossomos. O cromossomo é uma molécula de DNA envolta em proteínas chamadas histonas, essas proteínas são octâmeros, aí elas vão se enrolando até chegar na metáfase onde dá para melhor visualizar. Além do núcleo tem DNA na mitocôndria e nos cloroplastos e só em eucariontes. Nas bactérias o DNA forma os plasmídios.”*

A20 – *“Está localizado no núcleo da célula, não só no núcleo, mas também no interior da mitocôndria. Ele é responsável pela codificação das proteínas que executam várias funções no nosso corpo. Então, basicamente, todas as coisas o nosso corpo, ou quase todas, muitas coisas do nosso corpo são executadas por proteínas. Tem uma parte do DNA que não tem aparentemente função. É uma parte do DNA que não se sabe ainda se codifica. Se sabe que ele não é*

codificante de genes, mas não se sabe o que ele faz, é uma porcentagem bem grande do DNA. É uma dupla-hélice, está dentro do núcleo e fica bastante condensado. Estou falando do DNA nuclear, ele se associa a proteínas dentro do núcleo também. Quando vai acontecer a transcrição e a tradução, ele tem que se soltar das histonas, porque ele está muito ... ele se modifica para poder transcrever, porque senão não dá para transcrever.”

A30 – *“O DNA é uma molécula que tem uma forma de dupla-hélice. Ele é formado, por uma base nitrogenada, uma pentose, uma partícula de açúcar e um grupo fosfato. Essas bases no DNA só podem ser quatro, que é adenina, timina, citosina e guanina. Pelas características dessas bases ele se constitui em um código, que as células podem replicar e ler esse código. É a molécula utilizada para guardar as informações da formação dos seres vivos em geral.*

Ele fica dentro do núcleo ou fica pelo citoplasma da célula, vai depender se a célula tem ou não núcleo. Tem também DNA mitocondrial e DNA de cloroplastos, mas são pedacinhos pequenos e aí esses pedaços de DNA vai ser específico para proteínas de cloroplastos e de mitocôndrias.”

2.2 - O conceito de Variabilidade Genética

Quando perguntamos aos estudantes o que eles lembram ao ouvir “variabilidade genética”, há estudantes que tentam de alguma maneira responder, mesmo que sejam palavras soltas e sem sentido; outros, no entanto, nem sequer tentam, e alegam desconhecimento do assunto.

A14 – *“Lembro da palavra, mas não lembro do significado. Não me vem nada no momento.”*

A18 – *“Sinceramente eu não tenho um conceito disso. Mas eu acho que é pelo fato da diversidade, de como esse DNA vai reagir, quais são as... a expressão que ele vai ter. Os fatores que podem ocasionar acho que a influência do meio vai interferir nessa variabilidade do DNA. É importante porque a espécie continua, senão já teria sido exterminada.”*

A25 – *“Por exemplo, dentro de uma espécie com variabilidade genética, isso significa que ... é difícil, não sei te explicar.”*

Para o Estudante A11 a variabilidade genética leva à mutação.

A11 – *“Cruzamentos genéticos, entre as espécies diferentes levam a uma variabilidade genética, leva a uma mutação do DNA. Ela é ocasionada pelos cruzamentos, pode ser pequena ou grande, depende do genótipo talvez.”*

Durante a entrevista com este estudante, percebemos que apesar de ele conhecer os termos, desconhece o conceito. A resposta é formulada com palavras soltas, desconexas e sem sentido. Outros estudantes também respondem de maneira confusa, tentando explicar o conceito por meio do uso de termos científicos, porém não há sentido nas respostas ou há uma confusão generalizada nas idéias.

A13- *“A seqüência de DNA diferente. Para mim variabilidade genética é isso, uma*

seqüência diferente de DNA, a seqüência de bases do DNA. Através da variabilidade genética é que se pode expressar cor, é bom ter variabilidade genética senão seria tudo igual, né. Ela se origina pela meiose, crossingover.”

A32 – *“É importante para a população, porque se for todo todo mundo homogêneo, se acontecer alguma coisa , alguma alteração no ambiente , alguma doença pode vir a atacar todos os organismos , então é importante. Os fatores que contribuem para a ocorrência da variabilidade são principalmente os intrínsecos, né, do próprio erro nas duplicações, nas transcrições ou externos, né. Os fatores externos podem alterar o DNA, no caso da mutação vai estar alterando o DNA e vai estar causando uma debilidade.”*

O estudante A10 explica o conceito de variabilidade genética de maneira simplista e por meio do senso comum.

A10 – *“É através da variabilidade genética que a gente consegue coisas novas. É*

extremamente importante e é ocasionada pela mistura de material genético de organismos diferentes... Diferentes acho que não, mas de um macho e uma fêmea de determinada espécie que trocam seus gametas e isso proporciona variabilidade genética. É ótimo porque você melhora a espécie através disso.”

Durante as entrevistas pudemos constatar que há alunos que são capazes

de relacionar variabilidade genética a outros conceitos, como mutação, adaptação, seleção natural, evolução e especiação.

A2 – “Pode ser de vários tipos. Pode ser a variabilidade dentro da espécie e a variabilidade entre as espécies. A variabilidade ocorreu também, ... além da pressão seletiva, da seleção natural, são mutações também. É muito bom a variabilidade dentro de uma espécie e a reprodução sexuada também que traz a variabilidade, porque numa pressão seletiva nem todos os indivíduos morrem, a espécie consegue continuar. A reprodução sexuada também contribui para a variabilidade e entre as espécies também, porque a biodiversidade é rica também. Imagina as plantas. Tem vários tipos de plantas com vários metabólitos secundários, por exemplo, que serve como plantas medicinais. Então com essa variabilidade existe vários tipos de produtos que podem ser retirados de cada planta.”

A17 – “Lembro de cruzamento sexuada. É importante para o desenvolvimento das espécies, da evolução mesmo, para não ficar exatamente igual aos pais. O crossing-over é um dos fatores que leva a variabilidade.”

A21 – “É o substrato da seleção natural. Alelos também. É aleatório; o surgimento de uma nova variabilidade é aleatório. Agora, se ela permanecerá ou não em uma população é a seleção natural que irá decidir. Parece que quanto maior a variabilidade dentro de uma população maior a probabilidade de sobrevivência dessa população frente a mudanças ambientais.”

A23 – “Lembro de polimorfismos, várias coisas, né. Variabilidade genética de uma população, a variabilidade genética pode vir a originar uma espécie nova. Os fatores que contribuem para a variabilidade são as mutações, o meio, fenômenos naturais que acontecem. Ela é essencial, se não tivesse a variabilidade genética muitas espécies já teriam sido extintas, todo mundo iria ser igual, iria acontecer coisas que selecionam alguns, as doenças, por exemplo.”

A24 – “Eu lembro de diversidade, de vírus, diversidade de fenótipos. Os fatores que contribuem são os cruzamentos entre indivíduos não parentais e mutações. É

importante porque se variar o ambiente, o clima se os indivíduos tiver variabilidade pode existir uma plasticidade para se adaptar a uma mudança de clima, do ambiente, por exemplo.”

A28 – “Há exemplo de plantas onde a variabilidade genética é muito grande dentro das espécies, então você vê em uma mesma espécie plantas muito diferentes, tem umas plantas muito grandes outras muito pequenas com

formato da flor diferenciado. Variabilidade são vários caracteres tanto a nível molecular quanto a nível fenotípico que diferenciam os indivíduos dentro de uma mesma espécie ou de um mesmo gênero. É muito importante para o processo da evolução, porque a partir do momento que você muda as condições ambientais, você tem uma mudança da seleção natural sobre uma devida população de indivíduos, a variabilidade permite que alguns indivíduos respondam bem a essa mudança do ambiente e aí você mantém a espécie.”

2.3 Conceito de retrovírus

Pedimos aos estudantes que falassem sobre retrovírus. Nos chamou a atenção o fato de um grande número de estudantes, 30,3%, afirmarem que desconhecem o que seja um retrovírus.

A02 – *“Não tenho a menor idéia do que seja.”*

A03 – *“Não lembro... não sei.”*

A04 – *“Não sei o que é. Talvez seja um RNA, retrotranscrito... sei lá!”*

A10 – *“Não sei o que é retrovírus. É o vírus que... não sei.”*

A14 – *“Não sei te dizer. Lembro de palavras, mas não lembro de nada, nenhuma doença, nada sobre ele.”*

A16 – *“Uma coisa que tem a ver com vírus obviamente, não sei qual que é a diferença de um vírus para um retrovírus.”*

A18 – *“Nada. Acho que pode ser algum mecanismo de proteção, algum mecanismo de ... acho que proteção mesmo.”*

Encontramos estudantes que tentaram de alguma maneira explicar o que seria um retrovírus, mas, no entanto, não conseguiram responder de maneira satisfatória. Encontramos quem confundisse retrovírus com bactéria, com hospedeiro e ainda quem afirma que retrovírus é um vírus mais ou menos, ou seja, para esse estudante um retrovírus não é um vírus e sim algo “quase vírus”.

A01 – *“Retrovírus é uma bactéria ! É uma virose!”*

A05 – *“Acho que é um hospedeiro. Ele não tem material genético. Ele usa o material genético da célula.”*

A31 – *“Vírus. Um vírus mais ou menos, só!”*

Encontramos vários estudantes que conhecem o conceito de retrovírus e responderam de maneira simples, objetiva e adequada, alguns chegam a citar a enzima transcriptase reversa, enquanto outros não.

A09 – *“Vírus com RNA. A transcriptase reversa converte o RNA em DNA.”*

A11 – *“Ele consegue a partir do RNA formar o DNA dele. Ele faz o caminho inverso. Eles são muito usados em algumas pesquisas, como câncer, por exemplo.”*

A20 – *“Vírus que é capaz de sintetizar DNA a partir de RNA, então o material genético dele é RNA e ele sintetiza o DNA a partir do RNA. É a transcrição reversa.”*

A23 – *“Vírus de RNA, que pega ... que nem o vírus da Aids e da gripe.”*

Alguns respondem de maneira mais elaborada, utilizando corretamente a linguagem científica.

A12 – *“Vírus da Aids. É um vírus de RNA, ao invés de uma cadeia de DNA ele tem uma cadeia de RNA e quando ele entra na célula tem também uma enzima que chama transcriptase reversa que usa o DNA da célula só que para transcrever o RNA dele. Então ele usa o DNA da célula para transcrever com a transcriptase reversa, aí vira um DNA, esse DNA que ele fez a partir do DNA da célula e da transcriptase reversa codifica a proteína para a cápsula dele e forma outros e também para codificar, duplicar.”*

A24 – *“Eles tem transcriptase reversa, que é a enzima que ... Esse retrovírus tem RNA como material genético, e então eles usam . a transcriptase e conseguem fazer com que o RNA do material genético do vírus seja o molde para produzir um DNA. É o contrário, né. Então a gente usa o nosso DNA como molde para fazer o RNA e nos retrovírus é o contrário.”*

2.4 - Clonagem da ovelha Dolly

Perguntamos aos estudantes o motivo pelo qual a clonagem da ovelha Dolly causou tanto impacto. Houve estudantes que afirmaram não saber, outros tentaram arriscar um palpite, porém as respostas foram inadequadas. Nesta questão esperávamos que os estudantes respondessem que a novidade foi a utilização de uma célula somática proveniente de indivíduo adulto. No entanto, vários estudantes não sabiam se a célula usada era somática ou germinativa. Alguns explicavam todo o processo, mas de maneira inadequada sob o ponto de vista científico.

A01 – *“Acho que eles usaram células ger... ger... ger... como é mesmo o nome? Ah, não lembro...”*

A31 – *“Não sei, mas imagino que eles usaram uma célula somática para a Dolly. Não sei dizer.”*

A10 – *“Eles pegaram uma célula somática do animal e introduziram em uma célula germinativa, fazendo com que a matriz não tenha sido ... de uma matriz só*

eles produziram um outro animal, então não teve essa coisa da mistura genética, o animal novo era basicamente o anterior. Eles pegaram o material, produziram o material genético da matriz, na verdade uma célula que tinha capacidade de divisão e a partir daí originaram um novo animal com as mesmas características do anterior, exatamente iguais, né, réplica.”

A11 – *“Foi conseguir formar um ser humano a partir de uma ... de outro ser. Pegar*

uma célula já pré-existente e conseguir formar um ser.”

A13 – *“Eles pegavam uma célula e tiravam o núcleo e colocavam o núcleo da mãe da Dolly.”*

Encontramos estudantes que começavam respondendo corretamente à questão, mas no decorrer da entrevista se confundiam com os conceitos e o resultado era uma resposta incompleta ou confusa. Nas respostas abaixo relacionadas, temos em comum o fato de que, mesmo que alguns desconheçam as técnicas de clonagem, todos tinham conhecimento do uso de células somáticas no processo de clonagem da ovelha Dolly.

A04 – *“A Dolly foi feita com célula somática. E ainda tem outra célula lá que agora eu não consigo lembrar ... Células-tronco ... acho que são essas ... elas sofrem induções também, né?”*

A14 – *“Eles pegavam uma célula ... não lembro direito ... eles colocavam o material genético em uma célula e se divide para formar o organismo todo. Eles usaram células somáticas.”*

A16 – *“Lembro da imagem que passou muito na televisão daquela célula que foi enfiada uma glândula pra retirar o núcleo e colocar outro. Eu acho que foi usada célula somática para fazer a Dolly, não tenho certeza.”*

A19 – *“Eles pegaram um óvulo ... colocaram numa outra ovelha e colocaram na ovelha que seria barriga de aluguel e esse óvulo foi fertilizado com ... não, ele não foi fertilizado, eles pegaram o núcleo dessa ovelha que seria, de uma outra*

ovelha, pegaram o núcleo colocaram no óvulo. Esse núcleo foi tirado de uma célula somática.”

A22 – “Utilizaram células somáticas ao invés de germinativas. Pegaram uma célula qualquer do organismo e implantaram um DNA já pronto. A gente está acostumado a ter a criação do organismo através de duas células germinativas, uma que vem do pai e uma que vem da mãe e aí forma um outro organismo com a fusão dessas duas células. No caso da Dolly não. Pegaram uma célula somática que tinha o DNA completo e introduziram nessa célula e estimularam o desenvolvimento. A gente sabe que todo DNA tem toda a informação. Qualquer DNA de qualquer célula tem toda a informação daquele organismo. Eles estimularam essa célula já pronta para se reproduzir e formar um novo organismo.”

Houve estudantes que responderam de maneira adequada, dentro do esperado e alguns foram além do que esperávamos, com explicações bastante completas sobre o processo de clonagem.

A12 – “Foi retirado o material do núcleo ($2n$) de uma célula da glândula mamária de uma ovelha A. Pegaram um ovócito de uma ovelha B, retirado o núcleo e foi colocado esse material $2n$. Só que todo ovócito tem substâncias que induzem à formação de tecidos, então esse material do núcleo e do ovócito dessas substâncias que induzem à formação de tecidos sofreu clivagem. Foi clivando, diferenciou, como se já fosse um óvulo fecundado para virar $2n$ e foi formando um novo ser e esse ser foi transportado para uma ovelha C; mas a Dolly era geneticamente igual à ovelha A. De muitas tentativas que eles fizeram conseguiram só aquela lá. A maioria dos casos de clonagem desse tipo, o ovócito não fixa no endométrio. E este foi um caso que fixou, só que a ovelha tinha nascido com a idade de outra que doou o material nucléico.”

A21 – “Não é possível formar os indivíduos a partir de células somáticas. Esse foi um grande feito. A partir de uma célula somática, acho que epitelial, não sei, foi retirado o núcleo, era já uma célula diferenciada, que já tinha muitos genes foi diferenciada e foi colocado dentro de um óvulo sem núcleo. Quer dizer o núcleo de uma célula somática que deu origem a um no indivíduo.”

IV. 2.1 - Análise das Entrevistas – Parte B

As entrevistas foram concluídas com duas questões que não abordavam conceitos de Biologia/ Genética. A primeira abordava a metodologia de aula

que os estudantes tiveram durante sua formação e a segunda tratava da opinião desses estudantes sobre o uso de modelos e analogias. Ao abordarmos tais questões, nosso objetivo foi de tentar relacionar as concepções conceituais dos estudantes com a metodologia utilizada pelo professor do Ensino Médio no decorrer de suas aulas.

Além disso, também buscamos saber a opinião dos estudantes sobre a importância do uso de modelos e analogias como instrumentos facilitadores do processo ensino-aprendizagem.

Abaixo apresentamos as duas questões, um breve comentário sobre os resultados e alguns trechos das entrevistas que julgamos mais significativos para a discussão dos resultados.

1ª questão: Perguntamos aos estudantes se nas aulas o conteúdo era abordado por meio de exemplos ou comparações.

Todos os estudantes (100%) afirmaram que na disciplina de Biologia o conteúdo era muito extenso e tratado de maneira descritiva, descontextualizado e desinteressante. Um número bastante reduzido (18%) de estudantes apontou que em determinado conteúdo isolado o professor procurava fazer uma abordagem mais diferenciada, utilizando modelos e analogias para concretizar conceitos muito abstratos, mas que, via de regra, isso não era um fato cotidiano nas Instituições.

A01 – *“Só o conteúdo, não tem abordagem histórica e nada diferente. É só a matéria tradicional. É tudo muito corrido.”*

A04 – *“Os professores falam bem pouca coisa desse tipo. Eles falam pra que serve a coisa, mas não explicam como se origina, em que condições o pesquisador está descobrindo, nada disso.”*

A05 – *“É tudo jogado. Dá a matéria e já saí explicando. Não fazem comparações, nem alguma coisa diferente.”*

A07 – *“Raramente os professores abordam aspectos históricos ou analogias. Não há discussão em torno do assunto. Eles apresentam como é o histórico, mas não chegam a debater mostrando como os pesquisadores chegaram a aquela conclusão. Falta muito isso.”*

A08 – *“Temos uma deficiência nesse aspecto. Professores não trabalham com analogias, é a matéria e só. Na prova também não tem analogias. Os aspectos históricos também são deficitários aqui. Os professores não conseguem passar muito bem a matéria. Ele joga as coisas e a gente fica muito perdido.”*

Pouquíssimas matérias são feitas essas abordagens diferentes. Acho que durante todo o Ensino Médio as abordagens diferentes aconteceram só em duas matérias.”

A09 – *“Analogia não há, quase nunca . Tem vezes que algum professor até tenta,*

mas fica só na tentativa. Em Biologia no 1º ano a professora usava algumas comparações.”

A10 – *“Só trabalhavam de maneira tradicional, foram pouquíssimas aulas que a gente teve alguma coisa de modelos, que auxilia bastante o aprendizado.”*

A12 – *“A professora do 1º ano era a melhor de todas, mas é a que o pessoal encontra mais dificuldade. Ela faz muito estudo dirigido. Ela dá um monte de coisas para a gente ler sobre o tema antes. Ela monta todas as aulas e quer que a gente pense em como os caras chegaram a tais conclusões, ela trabalha o histórico. Tem que ler antes e no dia da aula ela conversa sobre tudo aquilo lá. Se você leu antes e assiste a aula já entende, se não leu antes você bóia. Precisa dedicação. Ela quer que saia da gente como aquilo chegou a essa técnica, o que eles tiveram que fazer. Tem muito professor que dá aula normal, não compara com nada. Outros poucos fazem relações.”*

A17 – *“Que eu me lembre não. Tanto que quando eu vi a historinha do João que você trouxe, eu fiquei perdida. Eu até entendi, só que para eu traduzir ela pra você foi difícil, porque não estou acostumada. Porque os professores falam assim: “ Oh, isso faz isso, depois transforma nisso”, e não quer saber o que você pode usar para lembrar, fazer relações. Na minha cabeça, essa história de RNA mensageiro, transportador, sempre foi uma incógnita eu acho que na verdade eu ainda nem entendi, eu acho que eu decorava aquilo na hora da prova e depois nunca ficou muito na minha cabeça.”*

A19 – *“Genética é horrível, passa o conteúdo e só. Você decora o que os homens fizeram na história e só. Tal pessoa, tal pesquisador fez essa experiência. Aí você vai lá ler e na prova ele te pede exatamente o que passou na lousa. O que esse pesquisador fez, aí você vai lá e escreve tudo aquilo na prova. Você entende muito por cima e vê que não é uma coisa assim tão fácil. Você vai lendo e percebe que demorou muito para eles chegarem a alguma coisa. A gente não é instigado a investigar, só a decorar.”*

A20 – *“É muito difícil. São poucas as matérias. Na minha opinião, que eu me lembre que a gente tenha construído modelos, não é muito trabalhado, fica*

mais por conta das aulas teóricas mesmo. Tem um experimento e só. Na minha opinião não é muito trabalhado, acho que é muito tradicional. Tradicional no seguinte sentido é a teórica, a exposição de um monte de conteúdos. Eu acho que existem conteúdos que isso é mais difícil de ser trabalhado de uma maneira alternativa. Lógico que deve dar, mas eu acho que talvez seja um pouco mais difícil. Agora tem professores que mesmo que não seja o curso todo ou com vários assuntos, com um assunto ou outro acaba tentando trabalhar dessa maneira. Tentando adotar uma metodologia diferente para ensinar.

A21 – “Depende do conteúdo . Em Genética, Biologia Molecular e Biologia Celular, sim, existiam modelos, os professores eram mais didáticos, principalmente em Genética, eles sabiam como falar, quando usar uma analogia para esclarecer. Agora as outras matérias não. A grande maioria era apenas o conteúdo pelo conteúdo, o máximo que eles usavam era o datashow e algumas figuras, mas isso não esclarecia muito. O que a gente fazia era procurarmos entender por nós mesmos, conversar com os amigos. Tudo dependia do desespero. Se a prova fosse na semana que vem, a gente pegava o caderno de alguém que copiava tudo o que o professor falava, colocava aquilo na cabeça como dava. Chega na hora da prova você despeja tudo aquilo com dá. Aí não sobra muito. Você despejou tudo e não ficou nada. Mas isso eu sei que é errado.”

A24 – “Particularmente em Genética no 2º ano foi uma das matérias bem diferentes, porque como você sabe, o professor “Tal” sempre procurou aplicar de uma maneira diferente, ele tem essa preocupação, então eles usaram coisas bem diferentes. Agora tem muita professor aqui na escola que parece um esquema de... na verdade não de escola, mas o cara vai lá dar a aula fica passando slide, passando slide, te dá o livro você vai lá e estuda, mas logo esquece. Então muitos professores acho que a maioria, não se preocupa em tentar mudar a maneira como se dá a matéria e eu tenho muitas coisas que eu não me lembro porque acho que muitos professores não se preocupam com essa parte de tentar passar de uma maneira menos maçante.”

A30 – “Depende muito do professor e da disciplina. Tem professor que é super tradicional e acho que a primeira transparência que ele usou na primeira turma que ele deu aula acho que ele usa a mesma até hoje, o slide está até meio amarelo, meio mofado, porque são as mesmas coisas e se você assiste uma

A fala do estudante A05 foi bastante interessante, pois ela não sabe se os modelos e analogias podem facilitar o aprendizado, mais destaca que do jeito que as aulas são dadas não se aprende. Um dos entrevistados destaca o risco de, durante uma aula com modelos, os estudantes dispersarem e começarem a brincar com o material e acabarem se esquecendo do conceito que está sendo trabalhado.

A02- *“Acho que sim, porque a matéria é muito difícil e se a gente relacionar com alguma coisa conhecida pode ficar mais fácil.”*

A05 – *“Não sei te dizer se fica mais fácil, pode ser que sim. Mas sei que do jeito que é dado não dá para aprender.”*

A08 – *“Acho que sim. Ajudaria até na hora de fazer o simulado. Exigem que você responda questões de uma maneira que a gente não aprendeu. Isso é muito ruim.”*

A12 – *“É muito melhor. Você vê o comprometimento da professora, por exemplo, a de Biologia do 1º ano e a gente reconhece e se esforça. Ela dá o exemplo da dedicação. Quando você não é comprometido e dá aula por obrigação, você não faz nada diferente e não desperta interesse.”*

A14 – *“Comparando com o dia-a-dia é mais fácil, você se interessa mais.”*

A17 – *“Acho que sim, porque acho que deixaria de ser uma coisa tão irreal, para mim DNA não é uma coisa real, como você sabe que existe? Quem garante? Eu não estou vendo. Nunca ninguém me mostrou. É diferente do que quando você olha uma célula. Você vê a célula, está vendo que existe. Você pega um corte histológico e vê que é formado por células, então você pode extrapolar e concluir que seu corpo é formado por células. Mas o DNA eu nunca vi, quem me garante que ele existe e que ele é uma dupla-hélice? Eu se não quiser acreditar? São coisas que eu não consigo acreditar. Aí eu penso, se eles estão falando eu tenho que acreditar porque eles sabem o que falam.”*

A18 – *“Ajuda muito, principalmente Genética. Genética é uma matéria meio abstrata. Tipo Aa, o que é A e a? Apesar de adorar genética e querer seguir essa área eu pensava o que seria A e a? Acho que você fazendo uma comparação com coisas mais concretas, facilita o trabalho deles e facilita o jovem também, porque é uma coisa prática que ele vai estar usando.”*

A21 – *“Facilita, mas você precisa pensar bem na analogia, porque senão ela pode confundir a cabeça do cara. Já pensou se eu usar o metrô às seis da tarde para explicar a difusão, eu acho que funciona. Dá para visualizar.”*

A22 – *“Com certeza. Se eles utilizassem outros recursos, como estímulo àquilo que nós estamos aprendendo, seja uma aula de laboratório, seja uma aula de discussão, seja uma aula de levantamento de perguntas, um questionamento, com certeza a informação seria muito mais... seria muito mais fácil. Mais prazeroso de se estudar e ia ser muito mais fácil de guardar como conhecimento e não apenas como conteúdo ou armazenamento de informações.”*

A26 – *“Acho que sim. Tipo uns negócios de bioquímica que você tem que ter fé para acreditar. Acho que ajuda bastante.”*

A27 – *“Por estar acostumada com aula teórica tradicional, no início eu tinha sentido uma certa resistência nessas aulas que a gente tinha que fazer exercícios, de propor atividades. A gente está muito acostumado com as aulas tradicionais. Acho que essas aulas de modelos e analogias ajudam bastante principalmente em Genética que é muito complicado para você entender. É muito pequeno, não é visível. Você tem que imaginar, e às vezes é difícil você imaginar pela primeira vez as coisas acontecendo dentro de uma célula. Então acho que os modelos tridimensionais ajudam a gente a entender, a visualizar. Mas você precisa ter uma abstração para ver aquilo se mexendo, funcionando.”*

A28 – *“Eu acho importante, mas acho que o grande preconceito em usar modelos e recorre a um modelo para explicar uma coisa, não que deturpe, mas você simplifica a coisa, você torna ela menor. E na verdade não é isso que deveria ser esperado, você deveria compreender a coisa na complexidade que ela tem, mas sem simplificar, e às vezes, os modelos quando mal empregados eles podem levar ao erro, talvez essa seja a ressalva pela qual muitos professores não gostam desse tipo de metodologia de trabalho.”*

A30 – *“Acho que facilita, mas eu acho que às vezes o que acontecia é que tinha essas aulas com modelos, por exemplo, de massinha para explicar as coisas, também se criava uma enorme dispersão na sala, a gente acabava brincando com a massinha, fazia bichinho com a massinha e o conteúdo que estava ali acabava meio que se perdendo, então eu acho importante, mas tem que tomar cuidado como que se encaminha essa atividade diferente.”*

A31 – *“Com certeza ficaria mais fácil. As matérias mais abstratas até utilizaram bem os modelos, que seria Genética e Biologia Molecular, por exemplo, que não tem outro jeito se você não apresentar um modelo, fica meio inviável.”*

V - Conclusões.

Glagovsky e Adúriz-Bravo (2001) afirmam que o ensino de Ciências pode ocorrer de diversas maneiras e destaca três linhas básicas:

1ª) Seguir uma seqüência linear de conteúdos conceituais, procedimentais e começando com um número reduzido de temas que iriam sendo ampliados em quantidade à medida que a escolarização avança. Essa linha sugere que os conceitos científicos sejam trabalhados proporcionalmente aos anos de escolaridade do estudante, supondo que o formando do Ensino Médio tenha o conhecimento básico de conceitos dentro do necessário para o ENEM.

2ª) Uma visão totalizadora de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, de tal maneira que sejam abordados grande volume de informações desde os primeiros anos de escolarização, variando os níveis de aprofundamento conceitual à medida que a escolarização avança. Essa linha defende a idéia de que cada estudante chega na escola trazendo consigo algum tipo de conhecimento a respeito dos saberes científicos e que o domínio mais aprofundado destes conceitos deva ser proporcional aos anos de escolaridade.

3ª) Uma ciência escolar que envolveria uma visão seletiva de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, de tal maneira que a seleção de conteúdos consistiria na relevância dos conceitos estruturantes das disciplinas científicas, adaptados à realidade de cada região. Essa linha espera que cada estudante, ao final da educação obrigatória, apresente um grau aceitável de alfabetização científica.

De acordo com essas idéias, independentemente da maneira como a ciência é trabalhada nos diversos níveis de escolarização, o que se espera é que o formando do Ensino Médio, após três anos de estudo, tenha adquirido conhecimento máximo em sua área de atuação.

Os estudantes que participaram deste trabalho de pesquisa foram alunos do último ano do Ensino Médio. Assim, eles já passaram por, no mínimo, três anos de Ensino Médio, tendo estudado, nesse período, os conceitos básicos de Biologia. Devemos lembrar também que muitos freqüentaram cursinhos pré-vestibular, onde também tiveram a oportunidade de estudar Biologia. Em nossa pesquisa, buscamos investigar se os formandos haviam se apropriado de alguns conceitos considerados básicos para realizar a prova do ENEM e os principais vestibulares., de acordo com os Parâmetros

Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.. Nossos resultados mostram que, apesar dos anos de estudo de Biologia, a maioria dos estudantes entrevistados apresentaram muita deficiência em conceitos básicos de Genética, Biologia Molecular e Biologia Celular.

É interessante destacar que, pouco mais de 33% dos estudantes entrevistados apresentaram sérias dificuldades conceituais, não apresentando o conhecimento mínimo necessário. Durante nas entrevistas, esses estudantes deram explicações confusas, superficiais, distorcidas ou lançaram mão do senso comum para se referir aos conceitos investigados. Foram freqüentes as respostas com palavras soltas e desconexas ou ainda utilizando o significado etimológico da palavra como definição dos conceitos. Acreditamos que esse resultado seja conseqüência de uma aprendizagem mecânica, por memorização que, geralmente, se dá através de conceitos estanques, sem uma visão totalizadora da Biologia, em que os conteúdos conceituais não abordam os procedimentais e os atitudinais.

Pouco mais de 51% dos estudantes apresentaram alguma dificuldade em relação aos conceitos tidos como cientificamente corretos. Há conceitos que foram compreendidos e incorporados por esses estudantes, porém outros são totalmente desconhecidos ou constituem equívocos sob o ponto de vista científico. As respostas desses estudantes, em muitas ocasiões, foram recheadas de insegurança, a ponto de o estudante responder à questão de uma maneira aceitável e no final da resposta negar o conceito tido inicialmente como correto. Apenas pouco mais de 15% dos entrevistados responderam as questões com embasamento teórico, utilizando respostas completas e pautadas em conhecimentos cientificamente válidos. Além disso, esses estudantes foram capazes de estabelecer relações adequadas entre os diversos conceitos biológicos.

Em relação ao conceito de mutação, os resultados evidenciam que, apesar de o livro didático abordar o conceito de mutação com uma conotação positiva e discutir os diversos fatores que levam à variabilidade genética, ainda é muito forte a concepção de mutação como sendo uma alteração genética que traz prejuízos ao organismo, podendo ocasionar doenças genéticas ou, em muitos casos, a morte do indivíduo.

Condit e colaboradores (2002) alertam que se deve ter cautela ao utilizar o termo mutação quando este é usado para a comunicação com o público em

geral, pois a conotação negativa do termo mutação é forte no discurso popular, fato que não se observa quando esse termo é usado pela comunidade científica. Dos estudantes entrevistados, pouco mais de 24% destacaram apenas a conotação negativa de mutação, ou seja, apesar de serem formandos do Ensino Médio, fazem uso de conotação semelhante ao público leigo. Pouco mais de 18% dos estudantes relacionaram mutação à adaptação e pouco mais de 9% associaram mutação à variabilidade, especiação e seleção natural.

Com relação ao conceito de variabilidade genética, encontramos estudantes que tiveram dificuldade para responder, pois conheciam os termos isolados, mas desconheciam o conceito. Outros estudantes, no entanto, além de conhecerem o conceito foram capazes de estabelecer relações válidas entre variabilidade genética e conceitos afins, como mutação, adaptação, seleção natural, evolução e especiação. Alguns comentam a respeito dos fatores que levam à especiação.

Percebemos que pouco mais de 21% dos estudantes entrevistados não relacionaram mutação a outros conceitos. Na nossa opinião, isso ocorre pelo fato de os estudantes aprenderem de maneira mecânica e sem que percebessem as ligações conceituais. A maneira como os conteúdos são abordados pelas *diversas disciplinas também não favorece essa interligação conceitual*. Na maioria das vezes o estudante não percebe que a divisão do conteúdo em disciplinas é apenas uma maneira de organizar o currículo e acaba tendo uma visão fragmentada da Biologia, acreditando que seja composta por uma série de conceitos isolados e que não se relacionam entre si.

Os conceitos previamente discutidos estão intimamente relacionados e notamos que, geralmente, o estudante apresentou dificuldade em um ou todos eles.

Quando procuramos investigar as concepções dos estudantes sobre DNA e sua localização, não encontramos nenhum que afirmasse nunca ter ouvido falar da sigla e todos responderam à questão. Atribuímos o fato de nenhum estudante alegar desconhecimento do assunto à abordagem constante do termo DNA pelos meios de comunicação. Atualmente, qualquer cidadão que tenha acesso a rádio, televisão, jornais ou revistas já ouviu falar em DNA. No entanto, pouco mais de 39% de estudantes crêem que o DNA é restrito ao núcleo celular, o que significa desconhecimento do DNA mitocondrial.

Encontramos estudantes que apresentavam uma concepção ingênua, utilizando-se do conhecimento do senso comum ou da aprendizagem por memorização para conceituar DNA. Outros, no entanto, além de conceituar, relacionam o DNA com a síntese de proteínas e com cromossomos, reconhecem os nucleotídeos como elementos básicos para a formação do DNA, além de conhecer a constituição dos nucleotídeos.

A aprendizagem por memorização fica evidente em alguns casos. Para exemplificar, podemos citar o estudante que afirma que o DNA fica dentro da célula de um vírus. A relação entre DNA, aminoácidos, polipeptídios e proteínas também foi investigada. Encontramos apenas um estudante que declarou desconhecimento do assunto, porém as confusões conceituais apareceram em diversas respostas. Provavelmente isso acontece pelo fato de que a informação foi recebida passivamente pelo estudante e não passou a fazer parte de sua rede conceitual. Para que o conhecimento passe a fazer parte efetivamente da rede conceitual do aprendiz, é necessário que o estudante seja um sujeito ativo de sua aprendizagem, isto é, ele deve ser um agente na construção do seu conhecimento e não apenas receber as informações transmitidas pelo professor durante as aulas. O novo conceito deverá ser incorporado na rede conceitual do estudante e para que isso ocorra torna-se fundamental que ele encontre significado nesse conceito. Através da aprendizagem significativa é que temos o aprendizado efetivo (Ausubel e col., 1980).

Um fato bastante curioso que percebemos no decorrer das entrevistas foi o incômodo apresentado por alguns estudantes ao sentirem dificuldades em responder às questões. Eles acreditavam que sabiam os conceitos e quando percebiam que não tinham domínio de tais conceitos demonstravam insegurança, nervosismo e constrangimento. Houve estudantes que verbalizaram a decepção em descobrir o desconhecimento dos conceitos e chegaram a desculpar-se. Quando são abordadas as relações entre RNA mensageiro, aminoácidos e polipeptídios, os resultados são muito semelhantes aos obtidos nos conceitos anteriores. Alguns alunos são capazes de estabelecer relações válidas entre os conceitos, no entanto os processos de tradução e transcrição ficam caracterizados como pontos de grande fragilidade no conhecimento desses alunos.

Evidências demonstram que o uso de modelos pode proporcionar um caminho que possibilita a compreensão da natureza da ciência (Coll, 2005). O autor considera que os modelos são uma ferramenta essencial da ciência e conseqüentemente da educação científica como uma tentativa de tornar acessível o conhecimento científico e para proporcionar uma compreensão mais clara de um determinado conceito. Pesquisas indicam que modelos e analogias são amplamente utilizados como ferramentas metacognitivas em ensino de ciências (Duit, 1991; Franco e col, 1999; Greca e Moreira, 2000).

Com relação ao conceito de retrovírus, nos livros didáticos consultados encontramos que são *“vírus de RNA que é copiado em DNA pela transcriptase reversa”*. Das respostas, 23% afirmaram que o DNA viral é transcrito em RNA. Esse é o mecanismo normal de transcrição que ocorre em todos os seres vivos com exceção dos retrovírus. A resposta dos mais de 23% que fazem tal afirmativa evidencia que esses estudantes desconhecem os mecanismos de infecção de um retrovírus. Outros afirmam que trata-se de *“alguma coisa que tem a ver com vírus”*, mas não sabe qual a diferença entre um vírus e um retrovírus. Apesar de inúmeras respostas cientificamente inadequadas, encontramos estudantes que explicavam de maneira adequada o conceito de retrovírus, inclusive citando a enzima transcriptase reversa e seu mecanismo de ação.

Os conceitos de DNA e sua localização, a relação entre DNA e aminoácidos, RNAm, aminoácidos e proteínas, aminoácidos e polipeptídios, processos de transcrição e tradução estão todos intimamente relacionados. No entanto, a impressão que tivemos no decorrer das entrevistas é que há estudantes que não percebem a interligação dos conceitos. Os conceitos de transcrição e tradução foram abordados através de uma analogia. Como já foi mencionado anteriormente, acreditamos que o fato de muitos estudantes terem encontrado dificuldades em relacionar conceitos à analogia pode ser conseqüência de uma aprendizagem mecânica, por meio da qual o estudante decora conceitos e definições para a realização das avaliações e logo em seguida esse conhecimento é descartado.

Para que o estudante obtenha êxito em questões que abordam analogias é preciso que haja aprendizado significativo. Assim, o novo conceito passa a fazer parte da rede conceitual desse estudante, sendo integrado a um todo muito mais amplo do que um simples conceito isolado. Quando o aprendizado

ocorre de maneira significativa o estudante é capaz de resgatar a informação em sua rede conceitual e aplicar na resolução da situação-problema posta, no caso a analogia.

Em relação aos conceitos de células somáticas e germinativas, encontramos alunos que tiveram dificuldades em responder, enquanto outros respondiam de maneira satisfatória. Um dos estudantes entrevistados afirma que apenas as células germinativas possuem cromossomos sexuais e, portanto, as células somáticas não os contêm. A resposta desse estudante está de acordo com os resultados obtidos em pesquisas semelhantes realizadas na Inglaterra e na Espanha. Banet e Ayuso (2000) verificaram que estudantes espanhóis associam com grande frequência a ocorrência de cromossomos e genes com gametas. Lewis e col. (2000) perguntaram aos estudantes do Reino Unido onde os genes são encontrados no corpo de um ser humano e cerca de 25% das respostas dos 368 estudantes que responderam à questão indicou que os genes se localizam apenas em células ou tecidos específicos, por exemplo, o sistema reprodutor masculino. Outra particularidade que notamos na resposta do estudante acima citado, foi o fato de afirmar que *“células somáticas possuem cromossomos homólogos e outros cromossomos”*, ou seja, para ele, nem todos os cromossomos presentes em células somáticas são homólogos. Apesar de termos encontrado estudantes respondendo essa questão com conceitos completamente inadequados, mais de 72% dos entrevistados responderam de maneira satisfatória, dentro de um contexto científico.

Com relação à clonagem da ovelha Dolly os livros didáticos consultados apenas citam o fato, mas não há uma abordagem didática do assunto. Porém, há uma infinidade de trabalhos e livros paradidáticos que abordam tanto a técnica quanto as questões éticas que envolvem o tema. Em nossas entrevistas, esperávamos que os estudantes abordassem as questões éticas e sociais a respeito do assunto. A grande maioria, praticamente 97%, preocupou-se em descrever toda a técnica da clonagem reprodutiva sem, no entanto, mencionar os aspectos éticos e sociais que envolvem o tema. Apenas um aluno mencionou as questões éticas, o que nos leva a crer que, provavelmente a bioética não está sendo trabalhada no Ensino Médio.

Para Amabis (1988), a presença sistemática de termos biológicos nos meios de comunicação reflete o interesse que o avanço da Biologia moderna vêm

despertando em diversos setores da sociedade em nossas escolas, no entanto, para o autor esses progressos têm tido pouco ou nenhum impacto na escola. Nossos currículos necessitam, portanto, ser rapidamente modernizados no sentido de contribuir realisticamente para a formação de cidadãos críticos e participantes, capazes de assimilar as novas informações e interferir conscientemente na construção de uma sociedade moderna (Amabis,1988). Para o autor, a desvinculação de nosso ensino da realidade político-social do país, ocorre não apenas no Ensino Médio.

De acordo com Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001), o modelo didático-analógico de ensino possibilita aprendizagens verdadeiramente significativas. De acordo com esse modelo, as analogias devem ser criadas pelo próprio aprendiz, o que possibilita que o estudante estabeleça relações válidas e, portanto, que a aprendizagem seja realmente significativa. Quando é o estudante quem elabora as próprias relações entre sua analogia e os conceitos, este conceito liga-se em sua rede conceitual e passa a fazer parte de um todo mais amplo.

Como os estudantes não estão habituados ao uso de analogias e, provavelmente, devido a prática da memorização de conceitos, não conseguiram obter êxito na resposta à essa questão. Caballer e Gimenez (1992) sugerem que os processos de aprendizagem ao longo da vida escolar dos estudantes não conseguem incorporar de forma coerente e estável os conhecimentos assimilados. É o que verificamos em nosso trabalho, a partir das diversas respostas incoerentes que os estudantes do último ano do Ensino Médio apresentaram. Notamos uma certa heterogeneidade de resultados dentro de uma mesma Instituição de Ensino. Isso pode ser explicado por meio da Teoria das Inteligências Múltiplas (Gardner, 1985).

Gardner (1989) sugere que as habilidades humanas não são organizadas de forma horizontal; ele propõe que se pense nessas habilidades como organizadas verticalmente, e que, ao invés de haver uma faculdade mental geral, como a memória, talvez existam formas independentes de percepção, memória e aprendizado, em cada área ou domínio, com possíveis semelhanças entre as áreas, mas não necessariamente uma relação direta.

Na perspectiva da aprendizagem significativa de Ausubel (Apud Moreira, 1999), é importante considerar que o estudante é um sujeito que está atribuindo sentidos e significados ao mundo e aos objetos que os cercam. Matui (2002) afirma que um dos prazeres mais naturais e espontâneos para o ser humano é o de dar significação às coisas e ao universo. O homem faz isso desde o nascimento até a morte. O estudante, independente do seu grau de escolaridade, vem para a escola muito curioso e esperançoso de enriquecer o seu poder de dar significação às coisas e compreendê-las. Ele é ativo e iniciador de atividades. Para o autor, não existe estudante apático, o que pode ocorrer é que ele esteja apático.

É assemelhando uma coisa à outra que damos significação às coisas. Para a teoria da aprendizagem significativa, um objeto tem sentido ou significado porque é passível de ser assimilado, ou seja, de ser incorporado e passível de estabelecer relações com o conhecimento pré-existente. É sempre pela mediação de alguma coisa, de pessoas ou grupos que fazemos assimilação ou significação.

Essa linha de raciocínio estende-se ao Ensino Médio, aonde os estudantes chegam cheios de desejo de aprender e durante o curso vão se decepcionando e acabam por assistir aulas que não despertam interesse e não possibilitam uma aprendizagem efetiva. O resultado disso é o quadro que encontramos em nossa pesquisa: estudantes que estão saindo da escola desconhecendo conceitos básicos da Biologia.

Esse resultado se dá, segundo Amabis (2001), principalmente, pelo fato de se trabalhar um currículo centrado no professor, cujo principal objetivo é transmitir um corpo organizado de conhecimentos. Assume-se que quando um estudante adquiriu uma massa de conhecimentos ele pode aplicá-la na solução de problemas do cotidiano. Isso é o inverso do que acontece na pesquisa científica e na vida em geral, onde o aprendizado ocorre à medida que tentamos resolver os problemas que surgem, ou seja, no dia-a-dia o problema aparece primeiro. Para Popper (1999), a vida é a solução de problemas e descoberta de novos fatos, de novas possibilidades, por meio da experimentação de possibilidades concebidas na nossa imaginação. Desde a educação infantil, os estudantes são expostos a modelos de aprendizagem no qual o professor decide que informação deve ser aprendida, como ela deve ser aprendida, em que seqüência e em que velocidade deve ocorrer a

aprendizagem. Raramente o estudante pode experimentar o excitamento intelectual envolvido na busca do conhecimento, ou sentir o fervor do questionamento científico. O professor fornece as informações para os estudantes como um produto acabado e não revela seu próprio esforço criativo para fornecer o material dessa forma. O papel passivo do estudante contrasta com a postura ativa do professor na preparação das aulas. A atividade do professor promove aprendizado para ele, não para os estudantes. Se nós realizamos o trabalho mental para o aprendiz, nós reduzimos seu investimento no aprendizado, prejudicando seu desempenho (Amabis,2001).

Para finalizar o trabalho de pesquisa investigamos se nas aulas são abordados conceitos por meio do uso de modelos e analogias e a opinião dos estudantes sobre a importância no uso dos modelos e analogias como metodologias facilitadoras do processo ensino-aprendizagem. Todos os estudantes, ou seja, 100% dos entrevistados, responderam que de modo geral o conteúdo era bastante extenso e tratado de maneira descritiva, descontextualizada e desinteressante. De acordo com o depoimento dos entrevistados, o conteúdo era transmitido aos estudantes como verdade absoluta, sendo algo pronto e acabado. Assim, o estudante não é estimulado a pensar e não é instigado a construir seu conhecimento. Encontramos estudantes que destacam que não há preocupação com a aprendizagem do estudante e que as aulas não são atualizadas, que todos os anos o conteúdo é igual, independente do que está acontecendo no mundo.

“...Existia uma falta de percepção pedagógica dos professores. O intuito deles era que os estudantes decorassem e não que aprendessem. Na verdade acho até que eles gostariam que aprendesse, mas a metodologia que eles usavam não... metodologia de armazenamento da informação e não de conhecimento da informação.”

“...Tem professor que é super tradicional e acho que a primeira transparência que ele usou na primeira turma que ele deu aula, acho que ele usa a mesma até o hoje, o slide está até meio amarelo, meio mofado, porque são as mesmas coisas e se você assiste uma aula dele hoje ou daqui a um ano vai ser igual, a mesma aula, independe dos estudantes, independe do que está acontecendo no mundo...”

De acordo com os depoimentos dados pelos estudantes, ficou evidente que

em cada Instituição de Ensino sempre há um ou outro professor que procura fazer um trabalho diferenciado, mas essa prática constitui uma exceção dentro das Instituições. Todos os alunos entrevistados apresentam críticas à metodologia clássica de ensino e a maioria defende o uso de modelos e analogias como um elemento facilitador do processo ensino-aprendizagem. Alguns, no entanto, não defendem uma ou outra metodologia, apenas afirmam que da maneira como estão sendo trabalhados os conteúdos nas aulas é impossível ocorrer um aprendizado efetivo. Gilbert e Boulter (2000) definem modelos como sendo uma representação de uma idéia, objeto, evento, processo ou um sistema. Os modelos são representações simplificadas de fenômenos e idéias e ocupam uma posição intermediária entre a realidade e um modelo mental.

Para Ritchie e colaboradores (1997) os modelos mentais podem ser classificados como uma forma especial de modelos que são definidos como uma

construção cognitiva humana usados para descrever e explicar fenômenos que não podem ser diretamente experienciados. Apesar de muito úteis no ensino de Ciências, os modelos devem ser utilizados com cautela, pois apresentam algumas limitações e se não forem corretamente utilizados podem prejudicar o aprendizado ao invés de facilitá-lo. Destaca um aspecto da literatura que consiste na identificação de divergências atribuídas ao uso de modelos por aprendizes e cientistas. Os cientistas entendem que modelos são invenções humanas baseadas em uma compreensão incompleta de como a natureza funciona. Cientistas usam modelos em uma situação muito prática e realista, vendo-os como ferramentas para ajudar na compreensão do mundo. Conseqüentemente, muitos modelos são impróprios ou limitados em alguns aspectos e o uso prático desses modelos que são conhecidos por conter limitações é uma das características que diferencia o cientista do aprendiz.

Ao lançar mão de modelos como estratégia de ensino, devemos deixar claro aos estudantes quais são as limitações do modelo utilizado. O objetivo do uso de modelos é concretizar conceitos muito abstratos para facilitar sua compreensão, mas deve-se tomar o máximo de cuidado para não correr o risco de simplificação e banalização do conceito.

Em relação à dificuldade de responder questões que envolvam analogias, Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001) colocam que se a analogia for feita pelo

professor não surtirá o efeito desejado, pois assim, o estudante lembra a analogia e a palavra ou situação em que foi utilizada, porém não é capaz de lembrar o conceito. Para os autores, quando o estudante é estimulado a estabelecer suas próprias relações, criando sua própria analogia, essa passa a fazer parte de sua rede conceitual e o estudante não esquece o conceito, pois construiu uma maneira de aprender e passa a entender como se dá sua aprendizagem.

Os resultados desse trabalho nos permitem inferir que os estudantes que estão finalizando o Ensino Médio apresentam dificuldades conceituais básicas em conteúdos fundamentais de Genética e disciplinas correlatas. Remetendo-nos aos estágios de alfabetização biológica proposto por Krasilchik (2001), concluímos que pouco mais de 37% dos formandos encontram-se no estágio nominal. Isto significa que esses estudantes são capazes de identificar termos, mas sua conceituação é ingênua ou desconhecida. Pouco mais de 40% dos entrevistados estão no estágio da alfabetização funcional, no qual os termos são definidos por memorização, sem a compreensão real dos seus significados. Mais de 21% encontram-se no estágio estrutural, no qual são compreendidos os conceitos e princípios unificadores da Biologia. Em algumas ocasiões, os resultados insatisfatórios são atribuídos ao desinteresse do estudante, porém, em nossas entrevistas, notamos que os estudantes não estão alheios e desinteressados, e chegam a nos dar pistas para a melhoria da qualidade do ensino. Para Trivelato (1988), os estudantes não são generalizadamente desinteressados; ao contrário, demonstram estar prontos a traduzir as informações transmitidas pela escola em conhecimentos úteis ao seu dia-a-dia.

Cabe, portanto, à escola não sufocar este anseio por compreender a vida, despejando sobre os estudantes informações estéreis, por serem despidas de significado e relevância. É preciso preservar e resgatar, quando for o caso, o prazer da aprendizagem e a curiosidade em compreender os fatos da vida em todos os níveis de escolarização.

VI - Bibliografia

AMABIS, J. M. **A revolução na Genética: Um tema para a Escola Secundária?**

In Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia, 3, 1988, São Paulo. Anais...USP.

Faculdade de Educação, 1988. p. 19-24.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de

Janeiro: Interamericana, 1980.

AYUSO, E.; BANET, E.; ABELLÁN, T. **Introducción a la Genética em La enseñanza secundaria y el bachillerato: II ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios?** Enseñanza de las Ciencias, v.14, n. 2., p. 127-141, 1996.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 1999.

CABALLER, M. J.; JIMÉNEZ, I. **Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de La estructura celular de los seres vivos**. Enseñanza de las Ciencias, v. 10, n. 2., p.172- 180, 1992.

CONDIT, C. M.; ACHTER, P. J.; LAUER, SEFCOVIC, E. **The changing meanings of "Mutation": a contextualized study of public discourse**. Human Mutation, v.19., p.69-75, 2002.

CHO, H. H.; KAHLE, J. B.; NORDLAND, F. H. **An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics**. Science Education, v. 69, n. 5, p. 707- 719, 1985.

DUIT, R. **On role of analogies and metaphors in learning science**. Science Education, v. 75, n. 6, p. 649-672, 1991. FINLEY, F. N.; STEWART, J.; YARROCH, W. L. **Teachers' perceptions of important and difficult science content**. Science Education, v. 66, n. 4, p. 531-538, 1982.

ALAGOVSKY, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. **Modelos y analogías em la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico**. Enseñanza de las Ciencias, v. 19, n. 2, p. 231-242, 2001.

GARDNER, H. **Frames of mind**. Basic Books Inc, New York, 1985

GARDNER, H.; HATCB, T). **Multiple intelligences go to school: educational implications of the theory of Multiple Intelligences**. Educational Researcher, v. 18, n. 8, p. 4-10, 1989

GILBERT, J.; BOULTIER, C.(eds) .**Developing models in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, p. 3-18, 2000.

GRECA, I.; MOREIRA, M. A. **Mental models, conceptual models and modelling**. International Journal of Science Education, v. 22, n. 1, p. 1-11, 2000.

GRIFFITHS, A. J. F.; GELBART, W. M.; MILLER, J. H.; LEWONTIN, R. C. **Genética Moderna**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

KRASILCHIK, M. **Ensino de Genética: passado, presente e futuro**. In. Encontro sobre temas de Genética e melhoramento, 18, 2001, Piracicaba. Anais. Piracicaba:m USP,2001. p. 37-41.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia da Pesquisa em ciências humanas**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

LAW, N.; Lee, Y. **Using na iconic modelling tool to support the learning of genetics concepts**. Journal of Biological Education, v. 38, n. 3, p. 118-124, 2004.

LEWIS, J.; KATTMANN, U.**Traits, genes, particles and information: Re-visiting students' understandings of genetics**. International Journal of Science Education, v. 26, n. 2, p.195-206, 2004.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E .D .A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo:Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

MAHADEVA, M. N.; RANDERSON, S. **Mutation: Mumbo jumbo**. Science Teaching, v. 49, p. 34-38, 1982.

MATUI, J. **Construtivismo: teoria construtivista sócio-histórica aplicada ao ensino**. São Paulo: Moderna, 2002.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

POPPER, K. R. **Conhecimento Objetivo**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1975.

RITCHIE, S. M.; TOBIN, K.; HOOK, K. S. **Teaching referents and the warrants nused to best the viability of students' mental models: is there a link?** Journal of Reasearch in Science Teaching, v. 34, n. 3, p. 223-238, 1997.

Silva, Junior, Cesar,Sasson, Sezar **Biologia Volume Único**. São Paulo: Editora Saraiva 2005.

SHAPIRO, M. A. **Analogies, visualization and mental processing of science stories**, 1985. In: DUIT, R. On role of analogies and metaphors in learning science. Science Education, v. **75**, n. **6**, p. 649-672, 1991.

TOLMAN, R. R. **Difficulties in genetics problem solving**. American Biology Teacher, v. 44, p. 525-527, 1982.

TORRES, B. B. (2001). **Educação em Ciências Biológicas**. In: Encontro sobre temas de Genética e Melhoramento, 18, 2001, Piracicaba, Anais. Piracicaba. USP, 2001.

TRIVELATO, S. L. F. **Ensino de Genética: Um novo ponto de vista**. São Paulo :FEUSP, 1988.

WOOD-ROBINSON, C.; LEWIS, J.; LEACH, J.; DRIVER, R. **Genética y formación científica: resultados de um proyecto de investigación y sua implicaciones sobre los programas escolaresy la enseñanza**. Enseñanza de lãs Ciências, v. **16**, n. **1**, p. 43-61, 1998.